

Het effect van ruimtegebruik en infrastructuur op routekeuze en Verkeersveiligheid

RA-MOW-2011-004

M. de Jong, S. Daniels, T. Brijs, G. Wets

Onderzoekslijn Infrastructuur en ruimte



DIEPENBEEK, 2011
STEUNPUNT MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN
SPOOR VERKEERSVEILIGHEID

Documentbeschrijving

Rapportnummer: RA-MOW-2011-004
Titel: Het effect van ruimtegebruik en infrastructuur op routekeuze en verkeersveiligheid

Auteur: M. de Jong, S. Daniels, T. Brijs, G. Wets
Promotor: Prof. dr. Geert Wets
Onderzoekslijn: Infrastructuur en ruimte
Partner: Universiteit Hasselt
Aantal pagina's: 75

Projectnummer Steunpunt: WP 2.4
Projectinhoud: In dit project wordt onderzocht wat de relatie is tussen verkeersveiligheid en landgebruik, infrastructuur en verplaatsingspatronen.

Uitgave: Steunpunt Mobiliteit & Openbare Werken – Spoor Verkeersveiligheid, augustus 2011.

Steunpunt Mobiliteit & Openbare Werken
Spoor Verkeersveiligheid
Wetenschapspark 5
B 3590 Diepenbeek

T 011 26 91 12
F 011 26 91 99
E info@steunpuntmowverkeersveiligheid.be
I www.steunpuntmowverkeersveiligheid.be

Samenvatting

Ruimtelijke variabelen kunnen op verschillende manieren invloed hebben op ongevallen wat ook wordt onderkend in het huidige Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen. Het is echter niet duidelijk wat de relevante ruimtelijke ordeningsvariabelen zijn die effect hebben op verkeersveiligheid. Door een beter inzicht in de relatie tussen verkeersveiligheid en ruimtelijke variabelen kunnen risicovolle gebieden worden opgespoord en kan proactief worden gewerkt aan een verbetering van de verkeersveiligheid. Bovendien kan bij de planning en ontwikkeling van nieuwe gebieden rekening worden gehouden met de consequenties voor de verkeersveiligheid. Om dit op een effectieve manier te kunnen doen is het noodzakelijk beter inzicht te hebben in de ruimtelijke variabelen die van invloed zijn op verkeersveiligheid en de mate waarin ze door planning en ontwerp kunnen worden beïnvloed. Dit rapport moet worden gezien als een verkennende studie naar de relatie tussen verkeersveiligheid en ruimtegebruik in Vlaanderen. Allereerst hebben we specifiek gekeken naar relaties tussen het wegennet en ruimtegebruik en ongevallen. Als tweede element in deze rapportage wordt gebruik gemaakt van het feitelijke verplaatsingsgedrag over het wegennet.

Op basis van een analyse van de ruimtelijke kenmerken (weg en bebouwing) op de locatie van de ongevallen kunnen we een aantal voorzichtige conclusies trekken. We zien een verband tussen de snelheid op de weg en de ernst van de ongevallen. Op wegen van hogere categorie en wegen buiten de bebouwde kom vinden meer en ernstiger ongevallen plaats waarbij de N-wegen eruit springen, zowel op niveau van wegvak als kruispunt. Als we kijken naar ruimtegebruik, dan valt op dat wonen en voorzieningen vaker voorkomen rondom ongevallen dan op basis van voorkomen van deze functie verwacht kan worden. Dit stemt overeen met resultaten uit literatuur. Zowel voor woongebieden als voor voorzieningszones heeft dit waarschijnlijk te maken met de hoeveelheid verplaatsingen die gegenereerd worden. Het is daarbij opvallend dat de ongevallen in de nabijheid van voorzieningszones ernstiger zijn wat waarschijnlijk te maken heeft met het feit dat voorzieningen vaak gelegen zijn langs wegen van een hogere orde met hoge snelheden.

De analyse van de verplaatsingen van 162 personen en de gedetailleerde analyse van 6 trips geeft inzicht in de wijze waarop het Vlaamse wegennet wordt gebruikt en de consequenties voor verkeersveiligheid. Over het algemeen gaan de werkelijk gereden routes vaker over lagere wegcategorieën en vaker door bewoond gebied dan de optimale routes. Ook is af te leiden dat waar een heldere hoofdwegenstructuur ontbreekt het verplaatsingspatroon diffuus wordt en veel relatief gevaarlijke wegcategorieën zoals N-wegen worden gebruikt. Koppeling met persoonsgegevens en doel van trip geeft waardevolle informatie die gebruikt kan worden voor het ontwikkelen van risicoprofielen en risicogebieden. De gedetailleerde analyse van 6 werkelijk gemaakte verplaatsingen levert aanvullende informatie op het niveau van de verplaatsing zelf en het effect op verkeersveiligheid. Op basis van dit onderzoek kunnen we leren dat de optimale routes vaak een betere score hebben op een aantal verkeersveiligheidsindicatoren voor routekeuze dan werkelijke gemaakte trips.

In de toekomst is vervolgonderzoek aangewezen naar een groter aantal verplaatsingen en verschillende varianten van optimale netwerken. Een gedetailleerdere analyse van de relatie tussen ruimtelijke kenmerken en ongevallen kan meer inzicht geven in het effect van alternatieve wegencategorisering en een geoptimaliseerd gebruik van het wegennet.

English summary

The effect of spatial use and infrastructure on route choice and traffic safety

The occurrence of road crashes can be influenced by land use variables, which is also recognized by the current spatial vision on Flanders (Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen). However it is not clear which are the relevant land-use variables having impact on road safety. By an increase of insight in this relation, high risk zones may be detected and the road safety can be improved pro-actively (Lovegrove en Litman 2008). Moreover, when planning and developing new areas, the effects of road safety can be taken into account from the beginning. To be able to do this in an effective way it is necessary to have a better insight in those variables and the way how they can be influenced by planning and design. This study has to be considered as an exploratory study into the relation between road safety and land-use in Flanders. The first part shows an analysis of the relation between road crashes and land-use and road network variables. For the second part of this study we have used actually made trips.

We are able to draw some tentative conclusions based on the analyses of spatial characteristics (road and buildings) at the location of an accident. On roads of a higher category and roads outside built up area, a higher amount and more serious accidents are reported, especially on national roads, both at road sections and intersections. Speed may be one of the explaining variables. If we look at land-use we see a higher accident frequency in residential and shopping areas than can be expected based on the amount of these areas. This outcome corresponds with conclusions from literature. For both residential as shopping areas a plausible explanation could be that these functions generate more trips. Though, in shopping zones along roads of a higher category we find more serious accidents which might be explained by the higher speed and the function of those roads.

The analysis of actual made trips of 162 persons and the detailed analysis of 6 trips gives insight in the way how the Flemish road network is used and the consequences for road safety. Generally spoken, actual made trips use lower road categories more often and go more often through build up areas than the optimal routes. From the trip patterns it is also possible to detect those areas where a clear road structure is lacking resulting in a more diffuse travel pattern and usage of more dangerous road categories like national roads. Combining the trip with socio-economic information about the person and the purpose of the trip reveals valuable information that can be used for the development of risk profiles and risk areas. Additionally the detailed analysis of the 6 trips gives operational information about the safety of the trip itself. Based on this research we can learn that optimal routes generally spoken have a better road safety score than the actually made trips.

Future research focusing on the analyses of a larger sample with more trips, and different variants of optimal networks is recommended. A detailed analysis of the relation between land-use variables and road crashes could give more insight in the effect of alternative road categorizations and a optimised use of the road network.

Inhoudsopgave

1.	INLEIDING	9
1.1	Doelstellingen	9
1.2	Opbouw rapport	10
2.	BESTAANDE LITERATUUR.....	11
2.1	Fysiek ruimtegebruik	12
2.2	Functioneel ruimtegebruik	13
2.3	Sociale omgeving	15
2.4	Het wegennetwerk	15
2.5	Eenheid van onderzoek	17
2.6	Conclusies relatie ruimtegebruik en verkeersveiligheid	18
3.	CASE HASSELT.....	21
3.1	Data	21
3.1.1	<i>Wegennetwerk en wegkenmerken</i>	<i>21</i>
3.1.2	<i>Ongevalgegevens.....</i>	<i>23</i>
3.1.3	<i>Ruimtegebruik</i>	<i>25</i>
3.1.4	<i>Ongevallen in Hasselt</i>	<i>25</i>
3.2	Wegkenmerken en ongevallen	27
3.2.1	<i>Wegcategorieën</i>	<i>27</i>
3.2.2	<i>Ongevallen</i>	<i>27</i>
3.2.3	<i>Locatie van de ongevallen: wegvak of kruispunt.....</i>	<i>29</i>
3.2.4	<i>Aantal wegcategorieën.....</i>	<i>31</i>
3.2.5	<i>Ongevallen op kruispunten en wegvakken: aantal en ernst.....</i>	<i>33</i>
3.3	Relatie met ruimtegebruik	35
3.3.1	<i>Ruimtegebruik</i>	<i>35</i>
3.3.2	<i>Binnen of buiten de bebouwde kom</i>	<i>37</i>
3.3.3	<i>Ongevallen naar ruimtegebruik</i>	<i>37</i>
3.3.4	<i>Ruimtegebruik combinaties</i>	<i>39</i>
3.3.5	<i>Ruimtegebruik in combinatie met soort weg</i>	<i>40</i>
3.3.6	<i>Het effect van snelheid</i>	<i>42</i>
3.4	Conclusie	43
4.	VERPLAATSINGEN.....	45
4.1	Data	45
4.1.1	<i>Selectie van verplaatsingen en trips</i>	<i>46</i>
4.1.2	<i>Werkelijk gereden en optimale route</i>	<i>46</i>
4.1.3	<i>Persoonskenmerken en activiteiten.....</i>	<i>47</i>
4.2	Persoonlijke kenmerken	47

4.3	Kenmerken van verplaatsingen	48
4.3.1	<i>Aantal trips</i>	48
	<i>De verplaatsingen op het wegennet</i>	49
4.3.2	<i>Werkelijk gereden versus optimaal</i>	50
4.3.3	<i>Persoonskenmerken en aantal trips en afstand</i>	52
4.3.4	<i>Snelheid</i>	54
4.3.5	<i>Doorgaand of lokaal verkeer</i>	55
4.4	Verkeersveiligheidsbeoordeling van verplaatsingen	56
4.4.1	<i>Werkelijk gereden vergeleken met optimale route</i>	56
4.4.2	<i>Verkeersveilige trips: criteria</i>	57
4.4.3	<i>Algemene kenmerken van de trips</i>	58
4.4.4	<i>Verkeersveiligheidskenmerken van individuele trips</i>	61
4.5	Conclusie	68
5.	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	70
6.	REFERENTIES.....	72

Overzicht van figuren

Figuur 1	Conceptueel model ruimtegebruik en verkeersveiligheid.....	11
Figuur 2	Verdeling van functionele wegindeling volgens Wegnummer	22
Figuur 3	Functionele wegenclassificatie (Hasselt)	22
Figuur 4	Wegencategorisering volgens routenummers (Hasselt)	23
Figuur 5	Wegenclassificatie en ongevallen (alle, alleen fiets) met weging naar ernst ..	24
Figuur 6	Wegencategorisering, gewestplan en gevaarlijke punten	25
Figuur 7	Ongevallen Hasselt 2003-2005	26
Figuur 8	Invloed van zoekafstand rondom ongeval op aantal kruispunten	30
Figuur 9	Vergelijking kruispunten en wegvakken (data politie en eigen methode) ...	31
Figuur 10	Ongevallen op kruispunten: 1 ^{ste} (x-as) en 2 ^{de} (y-as) wegcategorie	32
Figuur 11	Ongeval/kruispunt naar aantal en ernst (2003-2005)	34
Figuur 12	Ruimtegebruik binnen 20m rondom het wegennet (Legenda gewestplan) ..	35
Figuur 13	Ruimtegebruik rondom ongevallen binnen 20 en 50 m.....	36
Figuur 14	Vershil in ruimtegebruik rondom ongevallen en het wegennet	36
Figuur 15	Ongevallen per 100 km ruimtegebruik	39
Figuur 16	Verschillende vormen van ruimtegebruik rondom ongevallen	39
Figuur 17	Ongevallen naar ruimtegebruik en soort weg (routennummer)	40
Figuur 18	Vershil tussen aantal ongevallen en de ernst	40
Figuur 19	Ongev. per 100km (ruimtegebruik en wegcategorie tov landelijk gem.)	41
Figuur 20	Ongevallen per 100 km ruimtegebruik ten opzichte van gemiddelde	42
Figuur 21	Effect van snelheid op aantal ongevallen per 100km ruimtegebruik	43

Figuur 22	Onderzoeksgebied: Zuidostrand Antwerpen + Antwerpen	45
Figuur 23	Van GPS-log naar shapefile	46
Figuur 24	Leeftijd en geslacht	47
Figuur 25	Beroep en leeftijd.....	48
Figuur 26	Aantal trips binnen het onderzoeksgebied per persoon (obv 633 trips).....	48
Figuur 27	GPS-logs op het wegnet (obv 523 trips)	49
Figuur 28	Aantal trips per wegsegment (obv 217 trips)	50
Figuur 29	Percentage wegcategorie per afstandscategorie	50
Figuur 30	Werkelijk gereden en 'optimale' routes	51
Figuur 31	Percentage personen dat binnen het onderzoeksgebied woont (J)	53
Figuur 32	Totale lengte verplaatsingen (naar woonlocatie).....	53
Figuur 33	Aantal trips en afgelegde gemiddelde lengte naar dagbesteding	54
Figuur 34	Werkelijke snelheid van verplaatsingen.....	55
Figuur 35	Snelheidsprofiel van verschillende verplaatsingen.....	55
Figuur 36	Doorsnede op de ring van Antwerpen richting het noorden	56
Figuur 37	Percentage van verschillende soorten ruimtegebruik (GPS en optimaal)	59
Figuur 38	Percentage over verschillende wegcategorieën (GPS en optimaal)	60
<i>Figuur 39</i>	<i>221630trip14: tripsequentie GPS en optimaal (naar ZOrand-Antwerpen) ..</i>	<i>62</i>
<i>Figuur 40</i>	<i>153232trip10: tripsequentie GPS en optimaal (naar ZOrand-Antwerpen) ..</i>	<i>62</i>
<i>Figuur 41</i>	<i>185693trip40: tripsequentie GPS en optimaal (naar ZOrand-Antwerpen) ..</i>	<i>63</i>
<i>Figuur 42</i>	<i>135443trip17: tripsequentie GPS en optimaal (binnen ZOrand-Antwerpen)</i>	<i>63</i>
<i>Figuur 43</i>	<i>134695trip01: tripsequentie GPS en optimaal (binnen ZOrand-Antwerpen)</i>	<i>64</i>
<i>Figuur 44</i>	<i>21974trip18: tripsequentie GPS en optimaal (binnen ZOrand-Antwerpen) .</i>	<i>64</i>

Overzicht van tabellen

Tabel 1	Benaderingen relatie ongevallen en geografische kenmerken	17
Tabel 2	Voorspellende variabelen voor meer ongevallen	19
Tabel 3	Functionele routeclassificatie (FRC)	21
Tabel 4	Vergelijking wegcategorieën in België, Vlaanderen en Hasselt – FRC.....	27
Tabel 5	Vergelijking wegcategorieën België, Vlaanderen en Hasselt – Routennummer .	27
Tabel 6	Ongevallen in Vlaanderen en Hasselt volgens FRC (2003-2005)	28
Tabel 7	Ongevallen in Hasselt volgens Routennummer (2003 - 2005)	28
Tabel 8	Ongevallen binnen en buiten bebouwde kom (2003-2005)	29
Tabel 9	Verdeling ongevallen (2003-2005) naar kruispunt obv GIS-bepaling	31
Tabel 10	Aantal wegcategorieën binnen 5 meter van het ongeval	32
Tabel 11	Kruispunten en ongevallen verdeeld naar routenummers (2003-2005).....	33

Tabel 12	Wegvakken en ongevallen verdeeld naar routenummers (2003-2005)	34
Tabel 13	Effect van bebouwde kom op ongevallen en ruimtegebruik (2003-2005)	37
Tabel 14	Aggregatie van functie Gewestplan	38
Tabel 15	Werkelijk versus optimale route - wegtypes.....	51
Tabel 16	Werkelijk versus optimale route - ruimtegebruik	52
Tabel 17	Mannen en vrouwen – verschillen in trips	54
Tabel 18	Kenmerken van GPS en optimale route - verkeersveiligheid.....	56
Tabel 19	Persoonskenmerken	58
Tabel 20	Kenmerken van de trips	58
Tabel 21	Overzicht verkeersveiligheid verschillende routes	67

1. INLEIDING

Vanuit de ruimtelijke ordening zijn er drie belangrijke aanknopingspunten op verkeersveiligheid: 1) de locatie van herkomsten en bestemmingen, 2) het wegennetwerk dat de herkomsten en de bestemmingen met elkaar verbindt en 3) de routes die daadwerkelijk worden gekozen voor een verplaatsing (Heeling, Meyer et al. 2002; Marshall 2005). Deze drie elementen vertonen overeenkomsten met het in Duurzaam Veilig gebruikte onderscheid tussen vorm, functie en gebruik en de notie dat een goede verkeersveiligheid gebaat is bij een afstemming tussen die drie elementen (Wegman en Aerts 2005). In andere woorden: het type weg door een bepaald gebied moet in overeenstemming zijn met de karakteristieken van het omliggende ruimtegebruik en tegelijkertijd moet het gebruik van de weg in overeenstemming zijn met het type weg – en dus met het ruimtegebruik.

De wegategorisering kan worden gezien als een intermediair tussen het ruimtegebruik en verkeersveiligheid. In de ideale situatie wordt een weg vooral gebruikt conform de functie. Een belangrijk uitgangspunt hierbij is dat de weg en de omgeving (ruimtegebruik) op elkaar zijn afgestemd. Wegen van een hogere categorie hebben bijvoorbeeld een hogere toegelaten snelheid, een lagere complexiteit en minder kruispunten en uitritten (verstoringen). De veronderstelling is dat een betere afstemming van ruimtegebruik en infrastructuur en een beter gebruik van de infrastructuur leidt tot een verhoging van de verkeersveiligheid.

Ruimtelijke variabelen kunnen op verschillende manieren invloed hebben op ongevallen. Veel programma's die inzetten op een verbetering van de verkeersveiligheid zijn vooral gericht op het opsporen en verbeteren van situaties die gevaarlijk zijn (zwarte punten). In discussie over ruimtelijke ordening en verkeersveiligheid wordt vaak uitgegaan van een onderlinge beïnvloeding. In het huidige Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen wordt ook onderkend dat door middel van ruimtelijk ordening een bijdrage geleverd kan worden aan de verkeersveiligheid. Het is echter niet duidelijk wat de relevante ruimtelijke orderingsvariabelen zijn die effect hebben op verkeersveiligheid.

Door een beter inzicht in de relatie tussen verkeersveiligheid en ruimtelijke variabelen kunnen risicovolle gebieden worden opgespoord en kan proactief worden gewerkt aan een verbetering van de verkeersveiligheid (Lovegrove en Litman 2008). Bovendien kan bij de planning en ontwikkeling van nieuwe gebieden rekening worden gehouden met de consequenties voor de verkeersveiligheid. Om dit op een effectieve manier te kunnen doen is het noodzakelijk beter inzicht te hebben in de ruimtelijke variabelen die van invloed zijn op verkeersveiligheid en de mate waarin ze door planning en ontwerp kunnen worden beïnvloed.

De relatie tussen ruimtelijke variabelen en verkeersveiligheid wordt vaak al wel meegenomen in modellen die het aantal ongevallen voorspellen, maar de relatie is vaak indirect doordat wordt uitgegaan van het aantal verplaatsingen en het daardoor veroorzaakte verkeersvolume (Priyantha Wedagama, Bird et al. 2006). Om ruimtelijke variabelen direct mee te nemen bij het beoordelen van de verkeersveiligheid is meer inzicht nodig in het effect van die verschillende variabelen. Voor de Vlaamse situatie zijn onderzoeken beschikbaar die aangeven dat ruimtelijke variabelen inderdaad een effect hebben op het aantal ongevallen (Dufays en Steenberghen 2000; Steenberghen, Thomas et al. 2005; Steenberghen, Macharis et al. 2006; Van Hout 2008). De voorliggende studie moet worden gezien in het verlengde van deze eerder uitgevoerde studies en is vooral bedoeld als een verkenning van de momenteel beschikbare data.

1.1 Doelstellingen

Dit rapport moet worden gezien als een verkennende studie naar de relatie tussen verkeersveiligheid en ruimtegebruik in Vlaanderen. Hierbij wordt specifiek gekeken naar relaties tussen het wegennet en ruimtegebruik en ongevallen. Als tweede element in

deze rapportage wordt gebruik gemaakt van het feitelijke verplaatsingsgedrag over het wegnnet. Dit soort oefeningen kan worden gebruikt om beter inzicht te krijgen in de mate waarin de huidige opbouw van het wegnnet in combinatie met de ruimtelijke spreiding van functies invloed heeft op het voorkomen van verkeersongevallen.

Het belangrijkste doel van deze studie is een eerste aanzet te geven tot het ontwikkelen van een model voor het schatten van de impact van ruimtegebruik en wegenstructuur op de veiligheid van verschillende weggebruikers. Een dergelijk model zou ook gebruikt kunnen worden om de impact van veranderingen in ruimtegebruik en wegenstructuur in kaart te brengen. Het onderzoek in deze studie is uitgevoerd met een relatief kleine dataset en zou op grotere schaal herhaald moeten worden om statistisch relevante uitspraken te kunnen doen.

1.2 Opbouw rapport

In dit rapport wordt een aantal exercities beschreven die ingaan op de relatie tussen ruimtegebruik en verkeersveiligheid. De resultaten van deze studie moeten veeleer worden gezien als een verkenning van de mogelijkheden naar het uitvoeren van analyses gericht op de relatie tussen ruimtegebruik en verkeersveiligheid.

De rapportage start met een overzicht uit de literatuur naar de relatie tussen ongevallen en ruimtegebruik. Hierbij wordt een overzicht gegeven van internationaal onderzoek waarbij verschillende invalshoeken kort worden belicht.

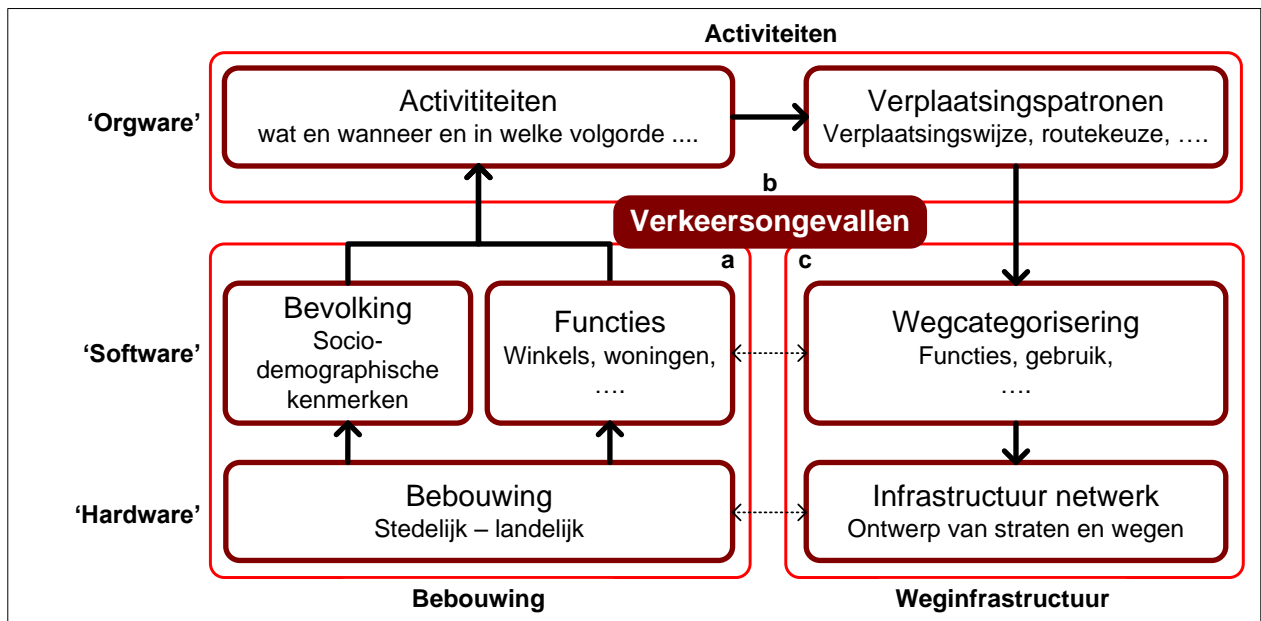
Vervolgens wordt vanuit twee invalshoeken naar de Vlaamse situatie gekeken. In hoofdstuk 3 onderzoeken we of er een verband is tussen het voorkomen van verschillende soorten ongevallen en kenmerken van de weginfrastructuur en ruimtegebruik. We hebben hiervoor een gebied rondom Hasselt gekozen met in totaal 1673 ongevallen in 3 jaar. Verschillende analyses laten zien dat bepaalde categorieën wegen en combinaties met ruimtegebruik inderdaad een hoger aantal ongevallen laten zien dan op grond van voorkomen verwacht mag worden.

In Hoofdstuk 4 analyseren we de verkeersveiligheid van werkelijk gemaakte verplaatsingen en de optimale routes. Hiervoor hebben we GPS-logs van verplaatsingen gebruikt die voor het verplaatsingsgedragonderzoek van IMOB zijn verzameld. We hebben ons beperkt tot verplaatsingen van 162 personen in en door de Zuidooststrand van Antwerpen en Antwerpen zelf. Deze werkelijk gemaakte verplaatsingen zijn op verschillende manieren geanalyseerd waarbij enerzijds is gekeken naar de invloed van persoonlijke kenmerken, maar ook naar de verkeersveiligheidseffecten van een individuele trip.

Het rapport wordt beëindigd met conclusies en aanbevelingen voor later onderzoek.

2. BESTAANDE LITERATUUR

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van studies die ingaan op het effect tussen verkeersveiligheid en ruimtelijke variabelen. Recent onderzoek laat zien dat een veelheid aan ruimtelijke variabelen een effect op verkeersveiligheid kunnen hebben, variërend van inwonerdichtheid en werkloosheid tot infrastructuurgerelateerde variabelen zoals inrichting van de weg en omliggende functies. We hebben het onderzoek geordend aan de hand van het conceptueel model dat is voorgesteld in Figuur 1.



Figuur 1 Conceptueel model ruimtegebruik en verkeersveiligheid

In dit model hebben we onderscheid gemaakt tussen de bebouwing en de weginfrastructuur. Daarnaast is onderscheid gemaakt in drie niveaus: de 'hardware', de 'software' en de 'orgware'. Heeling et al gebruiken dit onderscheid in lagen bij het analyseren van de verschijningsvorm en het gebruik van de stad (2002). De opsplitsing van het ruimtegebruik naar fysiek en functioneel wordt ook gehanteerd door Priyantha Wedagama (2006) in hun onderzoek naar de relatie tussen verkeersveiligheid en ruimtegebruik.

De eerste laag, de 'hardware' kan worden vergeleken met het fysieke ruimtegebruik, dan overeen komt met de vormgeving van de gebouwde omgeving en het wegennetwerk en kan worden afgelezen van ruimtelijke plannen. Deze laag is het minst dynamisch en verandert langzaam. Gebouwen en wegen die eenmaal zijn gebouwd blijven vaak jaren lang behouden. De tweede laag, de 'software' is flexibeler en kan door de tijd heen veranderen en kan worden vergeleken met het functionele ruimtegebruik. Dit komt dus overeen met het gebruik van de bebouwde omgeving en de infrastructuur. Zowel de functie van gebouwen als de functie van het wegennet kan worden veranderd door het maken van andere afspraken over het gebruik waardoor deze laag een grotere dynamiek kent. Als derde laag kan de 'orgware' worden onderscheiden, of te wel de activiteiten die gekoppeld zijn aan de functies van de bebouwde omgeving en die leiden tot verplaatsingspatronen over de weginfrastructuur. Het gaat hier om de wijze waarop de fysieke ruimte en de functies die daaraan zijn toegekend daadwerkelijk wordt gebruikt. Dit is de meest dynamische laag.

In het model zijn de dominante invloeden aangegeven, maar er vinden ook terugkoppelingen plaats die leiden tot aanpassingen. Veranderingen in het gebruik kunnen op langere termijn leiden tot veranderingen in de functie en ook leiden tot veranderingen in de wijze waarop de bebouwing en infrastructuur zijn vormgegeven. Ook kunnen veranderingen in de functie van de bebouwing op termijn leiden tot verandering in de functie van de weg, en op termijn kan dit leiden tot bijvoorbeeld een verandering in het verplaatsingspatroon. Naarmate de afstemming tussen de horizontale lagen beter is verwachten we minder ongevallen. In het denkmodel zijn bebouwing en weginfrastructuur weergegeven als twee verschillende 'blokken'. Ook hier geldt dat naarmate de afstemming beter is, bijvoorbeeld tussen de wegencategorisering en de aanliggende functies, er minder ongevallen worden verwacht.

Als we kijken naar de relatie tussen ongevallen en ruimtegebruik dan kunnen we drie typische clusters onderscheiden die invloed hebben op ongevallen:

- a) de bebouwing (linker kant van de figuur) waar activiteiten worden gegenereerd,
- b) activiteiten als gevolg van kenmerken van de bebouwde omgeving (bovenkant van de figuur),
- c) activiteitengegenereerde verplaatsingen die worden afgewikkeld op het wegennetwerk (rechterkant van de figuur).

Dit overzicht van de bestaande literatuur gaat vooral in op de relatie tussen kenmerken van de bebouwing en ongevallen (a) en de relatie met de weginfrastructuur (c).

2.1 Fysiek ruimtegebruik

Onder fysiek ruimtegebruik verstaan we de wijze waarop de bebouwde omgeving is vormgegeven, zonder dat daarbij rekening wordt gehouden met de wijze waarop die gebouwde omgeving wordt gebruikt. Op dit niveau zijn we geïnteresseerd in de invloed van bijvoorbeeld bebouwd-onbebouwd of de configuratie van woonwijken. Steenberghen et al (2004) geven aan dat het onderzoeken van de ruimtelijke karakteristieken rondom een ongeval, een van de meeste directe vormen van GIS gebruik is.

Verschillende onderzoeken laten een relatie zien tussen verkeersongevallen en de fysieke omgeving. Ivan et al (2000) concludeerden dat variabelen met betrekking tot ruimtegebruik significant zijn voor de voorspelling van ongevallen. Ossenbruggen et al. (2001) en Lovegrove en Litman (2008) toonden in hun onderzoek aan dat er verschillen zijn met betrekking tot de inschatting van het risico voor landelijke en kleine geurbaniseerde gebieden. Priyantha Wedagama et al. (2006) hebben een significante relatie aangetoond tussen het aantal niet-gemotoriseerde slachtoffers en verschillende ruimtegebruik variabelen. Verschillende onderzoeken tonen aan dat ongevallen met voetgangers vooral voorkomen in de directe omgeving van woonbuurten en dat er een nauwe relatie is met het wegtype in de buurt van het ongeval (Dunbar, Holland et al. 2004; Tolmie, Thomson et al. 2006; Dissanayake, Aryaija et al. 2009).

Petch en Henson (2000) hebben in 2000 een studie uitgevoerd in Salford (Verenigd Koninkrijk) naar de relatie tussen de verkeersveiligheid van kinderen en de gebouwde omgeving. Voor de studie is gebruik gemaakt van databases met informatie over bijvoorbeeld ongevallen en ruimtegebruik en GIS technieken. De studie van Petch en Henson ondersteunt de bevinding uit eerder onderzoek (Preston 1972; Pitt, Guyer et al. 1990) dat veel ongevallen waar kinderen bij zijn betrokken, gebeuren in woongebieden op lokale wegen. Petch en Henson (2000) geven aan dat de volgende kenmerken van een omgeving een hoger aantal ongevallen met kinderen laten zien (gebaseerd op Preston 1972):

- Victoriaanse rijtjeswoningen
- Gebieden met weinig open ruimte (parken, speelgebieden)
- Toegang woning direct aan de straat

- Weinig speciale voorzieningen voor parkeren
- Hoog aandeel straat parkeren
- Lange en rechte straten
- Veel doorgaand verkeer

Petch en Henson (2000) verwijzen naar verschillende onderzoeken, onder andere van Bennett en Marland (1978), die bevestigen dat kinderen minder vaak bij ongevallen betrokken zijn in woongebieden met weinig doorgaande wegen en juist veel typische woonstraten zoals cul-de-sacs. Het risico om betrokken te raken bij een ongeval zou zelfs twee keer zo hoog zijn als het huis van het kind gelegen is langs een doorgaande weg (Christie 1995).

Een vergelijkend onderzoek door Bly et al (2005) naar het verplaatsingsgedrag van kinderen in Groot Brittannië, Frankrijk en Nederland laat vergelijkbare resultaten zien. Een van de bevindingen in dit onderzoek is dat er een duidelijk verschil is in de tijd die kinderen doorbrengen in verschillende situaties (wegtype, verkeersintensiteit, snelheid en snelheidsremmende maatregelen). Kinderen uit Groot Brittannië blijken meer tijd door te brengen langs drukke wegen en wegen zonder speciale verkeersremmende maatregelen dan kinderen uit Frankrijk en Nederland. Dit geldt voor zowel voor verplaatsingen naar school als voor verplaatsingen die gerelateerd zijn aan het bezoeken van een vriend of spelen op straat. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor de relatief grote betrokkenheid van Britse kinderen in ongevallen.

Daarnaast komt snelheid naar voren als een belangrijke indirecte verklarende variabele. Voetgangersongevallen komen bijvoorbeeld vaker voor in bebouwd gebied, maar de ernst is daar vaak minder groot dan in landelijke gebieden of minder dicht bebouwde zones (Dufays en Steenberghen 2000; Lee en Abdel-Aty 2005). Dit wordt ondersteund door Clifton et al (2009) op basis van een onderzoek naar de invloed van kenmerken van de gebouwde omgeving op het voorkomen van ongevallen. Vooral in situaties met een dicht voetgangersnetwerk en de aanwezigheid van doorgaand verkeer bleken significant meer ongevallen met voetgangers voor te komen.

2.2 Functioneel ruimtegebruik

Voor het bepalen van de relatie tussen ruimtegebruik en verkeersveiligheid kunnen verschillende methodes worden gebruikt. Noland (2003) stelt dat variabelen die te maken hebben met ruimtegebruik en socio-economische aspecten over het algemeen niet worden meegenomen bij het verklaren van de grote vermindering van het aantal ongevallen in het Verenigd Koninkrijk, terwijl ze wel een verklarende rol kunnen spelen. Het controleren van de data op ruimtegebruik en economische condities kan volgens hem het best worden gedaan door een 'ruimtelijke disaggregatie van de data'. Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van de 'geographic UK ordnance survey' met informatie over weglengte en andere eigenschappen van de infrastructuur. Deze informatie is gekoppeld aan data over ruimtegebruik en ongevallendata. Het onderzoek van Noland (2003) laat zien dat zowel het ruimtegebruik als de economische situatie effect heeft op het aantal ongevallen. Een toename van ongevallen wordt bijvoorbeeld waargenomen in meer stedelijke gebieden, gebieden met een hoge bevolkingsdichtheid en een hoog aandeel arbeidsplaatsen.

Onderzoek van Cervero en Kockelman (1997) Kim (Kim en Yamashita 2002; Kim, Brunner et al. 2006) en Rietveld en Bruinsma (Rietveld en Bruinsma 1998) laat zien dat de locatie van activiteiten en de ruimtelijke dichtheid van de activiteiten een significante rol speelt bij het bepalen van het verband tussen ruimtegebruik en vervoer. Cervero en Kockelman (1997) hebben op basis van verplaatsingsgedrag dagboekjes en informatie over ruimtegebruik onderzocht of er een relatie is met de drie hoofddimensies die het verplaatsingsgedrag beïnvloeden: 'density', 'diversity' en 'design'. Een van de uitkomsten van dit onderzoek is dat dichtheid, diversiteit in ruimtegebruik (land-use diversity) en

voetgangersgerichte ontwerpprincipes het aantal trips reduceren en het aantal niet-auto verplaatsingen significant stimuleren, hoewel de mate waarin er een effect optreedt eerder beperkt is. Hoewel in dit onderzoek geen relatie wordt gelegd met ongevallen is het wel interessant om de verwachte weggebruikers te kunnen bepalen op basis van variabelen die zijn gerelateerd aan de dichtheid, het functionele ruimtegebruik en ontwerpprincipes. De aanwezigheid van voetgangers blijkt een voorspellende factor te zijn voor het aantal voetgangergerelateerde ongevallen, immers het leidt tot een hogere blootstelling. Het is echter de vraag in hoeverre gebieden die goed scoren op de attributen die attractief zijn voor voetgangers ook hoog scoren in aantal ongevallen.

Levine et al. (1995) onderzochten het verband tussen zonaal ruimtegebruik en verkeersongevallen door het analyseren van de ruimtelijke spreiding van ongevallen met motorvoertuigen en het aggregeren van deze ongevallen naar kleinere geografische eenheden. Zij concludeerden dat er een positieve correlatie bestaat tussen de bevolkingsdichtheid, de aanwezigheid van productiecentra, dienstverlening en het aantal verkeersongevallen.

Ook Ben-Akiva en Bowman (1995) geven aan dat land gebruik gezien kan worden als een van de bepalende factoren in het genereren en het aantrekken van verkeer en dat het omliggende ruimtegebruik invloed heeft op de verkeersintensiteit, snelheid en veiligheidsniveau. Ben-Akiva en Bowman vertrekken van de veronderstelling dat verschillende patronen van ruimtegebruik verschillende hoeveelheden verkeer genereren of aantrekken. Verschillende patronen in ruimtegebruik leiden vervolgens tot verschillende patronen in ongevallencijfers. In deze redenering wordt een relatie gelegd tussen de herkomsten (trip generatoren) en bestemmingen (trip attractoren) en de ongevallenkans. Zowel het aantal verplaatsingen, de lengte van de verplaatsingen als de verdeling over het wegennet hebben effect op de verkeersveiligheid omdat er een effect is op het verkeersvolume op de verschillende wegcategorieën die ieder een ander risicoprofiel hebben.

Een recent onderzoek van Dissanayaka et al. (2009) naar de relatie tussen ruimtegebruik en ongevallen bij kinderen, laat zien dat kinderen vaker betrokken zijn bij ongevallen in de buurt van 'secondary retail' en woonbuurten met een hoge dichtheid. In de buurt van schoolomgevingen, gebieden met veel kruispunten, 'primary retail' en woonbuurten met lage dichtheden, hangt de betrokkenheid in ongevallen af van de dag van de week en de periode van de dag. Doorgaande wegen zouden een verhoogd risico op ongevallen met zich meebrengen, in ieder geval voor kinderen (jonge voetgangers). Deze uitkomsten sluiten aan bij eerder Brits onderzoek door bijvoorbeeld Christie (1995).

Paulozzi (2006) heeft onderzoek gedaan naar achterliggende factoren voor het hoge aantal dodelijke slachtoffers onder voetgangers in de zuidelijke staten van de Verenigde Staten. Dit hoge aandeel is des te opvallender omdat juist in de zuidelijke staten er minder verplaatsingen te voet worden gedaan dan in de rest van de Verenigde Staten. Uit het onderzoek komen drie belangrijke kenmerken naar voren die een relatie hebben met het hoge aantal dodelijke slachtoffers onder voetgangers: in het zuiden van de Verenigde Staten worden veel kilometers per dag afgelegd, is vaak sprake van een sterk verstedelijkt ommeland met lage bebouwingsdichtheid (urban sprawl) en een hoog gebruik van alcohol bij voetgangers. Als naar de achterliggende factoren wordt gekeken, dan blijkt snelheid een belangrijke verklaring te zijn. Uit het onderzoek blijkt bijvoorbeeld dat het aantal ongevallen op wegen met hogere snelheden (hoger dan 35 mile per uur) oververtegenwoordigd is. Vooral het zuiden van de Verenigde Staten is sinds de vijftiger jaren snel gegroeid en de nieuw ontwikkelde gebieden hebben over het algemeen een lage dichtheid, gescheiden gebieden voor verschillende voorzieningen (wonen, werken, recreëren, etc) en een hoog aandeel wegen met veel rijbanen en hoge snelheden. Ook Ewing et al. (2005) laten zien dat ongevallen met motorvoertuigen en voetgangers vaker voorkomen in gebieden waar sprake is van 'urban sprawl'.

2.3 Sociale omgeving

Verschillende onderzoeken tonen aan dat het risico van een voetganger om gewond te raken bij een ongeval omgekeerd gerelateerd is met de socio-economische status. Christie (1995) stelt dat kinderen uit de laagst sociale klassen een vier keer zo grote kans hebben om als voetganger te overlijden in een verkeersongeval dan de kinderen uit de hoogste sociale klassen. Ook lijkt er een positief verband te bestaan tussen werkloosheid van het hoofd van het gezin, de grootte van het gezin en de kans om als voetganger betrokken te raken bij een ongeval.

Deze conclusies worden bevestigd door Petch en Henson (2000). Met behulp van een multiple regressie is de invloed van 10 onafhankelijke variabelen op de locatie van een ongeval onderzocht. Hieruit blijkt dat het aantal personen per huishouden, het verkeersvolume en de socio-economische status een effect hebben. Het is interessant dat zowel het aantal personen per huishouden als de socio-economische status (op basis van autobezit) een indicatie geven dat kinderen uit lagere sociale klassen meer kans maken om betrokken te raken in een ongeval. Dit zou verklaard kunnen worden door het feit dat deze kinderen meer tijd doorbrengen op straat vanwege kleine woningen het niet hebben van een auto voor het maken van verplaatsingen. Ook Noland en Quddus (2004) rapporteren meer ongevallen in zogenaamde achterstandswijken.

Bovengenoemde relaties worden ondersteund door Lovegrove en Litman (2008) die stellen dat een toename van werkgelegenheid, aantal inwoners en gebouwen leidt tot een toename van het aantal ongevallen doordat het aantal verplaatsingen toeneemt. Toename van werkloosheid zou ook leiden tot een toename van ongevallen, maar dan doordat er meer tijd op straat wordt doorgebracht. Omgekeerd leidt volgens Lovegrove en Litman een toename van familie grootte juist tot minder ongevallen, dit in tegenstelling tot de conclusies van Petch en Henson. Bepaalde netwerkkenmerken (t-kruisingen, aantal lokale wegen, 'core area' en mobiliteitsmanagementsmaatregelen hebben een ook een positief effect. Een kortere verplaatsingsafstand en een shift van auto naar verplaatsingen met het openbaar vervoer, te voet en met de fiets leidt uiteindelijk tot minder ongevallen. Ruimtelijke kenmerken die verplaatsingen te voet en met de fiets stimuleren hebben daardoor – indirect – ook een positief effect op het aantal te verwachten ongevallen.

2.4 Het wegennetwerk

Verschillende onderzoeken tonen aan dat er een verband bestaat tussen infrastructuur, ruimtelijk ontwerp van de omgeving en ruimtegebruik enerzijds, en verkeersveiligheid anderzijds. Vanuit de ruimtelijke ordening zijn er drie belangrijke aanknopingspunten op verkeersveiligheid: 1) de locatie van herkomsten en bestemmingen, 2) het wegennetwerk dat de herkomsten en de bestemmingen met elkaar verbindt en 3) de routes die daadwerkelijk worden gekozen voor een verplaatsing (Heeling, Meyer et al. 2002; Marshall 2005). Deze drie elementen vertonen overeenkomsten met het in Duurzaam Veilig gebruikte onderscheid tussen vorm, functie en gebruik en de notie dat een goede verkeersveiligheid gebaat is bij een afstemming tussen die drie elementen (Wegman en Aerts 2005). In andere woorden: het type weg door een bepaald gebied moet in overeenstemming zijn met de karakteristieken van het omliggende ruimtegebruik en tegelijkertijd moet het gebruik van de weg in overeenstemming zijn met het type weg – en dus met het ruimtegebruik.

De wijze waarop de weginfrastructuur en de omliggende voorzieningen zijn vormgegeven heeft een effect op het aantal en de aard van de ongevallen. Het gaat hierbij om kenmerken van de gebouwde omgeving op een micro schaal, dus het profiel van de weg, de wijze waarop kruispunten zijn vormgegeven en de aanwezigheid van specifieke voorzieningen zoals bijvoorbeeld zebrapaden voor voetgangers. De variabelen die van invloed zijn op het aantal ongevallen kunnen grofweg worden opgedeeld in intensiteit (zowel autoverkeer als fietsers en voetgangers), snelheid van het autoverkeer en de

zichtbaarheid de verkeersdeelnemers die het hoogste risico hebben om als gevolg van een verkeersongeval gewond te raken of te overlijden; vaak zijn dit fietsers en voetgangers (Lupton en Bolsdon 1999; Petch en Henson 2000; Clifton, Burnier et al. 2009). Dit wordt ook onderschreven door onderzoek van Hadayeghi et al (2007) waaruit blijkt dat een stijging van de volgende netwerkvariabelen een stijging van de ongevallenfrequentie laat zien: totaal aantal kilometer weg in stedelijk gebied met een verkeersfunctie, totale wegkilometers, aantal rijbanen, aantal geregelde kruispunten en het aantal scholen in een zone. Omgekeerd bleken lokale wegen veiliger wat waarschijnlijk wordt veroorzaakt door de lagere snelheden waardoor zowel de kans op ongevallen als de letselkans kleiner is. Deze conclusie wordt echter niet helemaal ondersteund door Noland (2003) die stelt dat het % lokale wegen een beperkt effect op de reductie van ongevallen.

Verschillende studies laten zien dat maatregelen die de snelheid beperken en de zichtbaarheid vergroten een positieve invloed hebben op het aantal ongevallen met kinderen. Wier et al (2009) tonen aan dat de hoeveelheid verkeer een van de belangrijkste verklarende factoren is voor voetgangersongevallen, gevolgd door aantal inwoners en werknemers en straattypen. Doorgaande (hoofd) wegen komen duidelijk naar voren als risicovol. Ook Lee en Abdel-Aty (2005) stellen, op basis van verschillende Europese en Amerikaanse studies, dat het aantal voetgangersongevallen ongeveer overeen komt met vierkantswortel van de verkeersintensiteit. Dus zowel de snelheid als de hoeveelheid verkeer zouden het aantal en de aard van de ongevallen beïnvloeden.

Dijkstra, Drolenga en Van Maarsenveen (2007) stellen dat het voor een duurzaam veilig verkeerssysteem van groot belang is dat de weggebruiker weet wat er van hem of haar wordt verwacht. De verwachtingen van de weggebruikers moeten ondersteund worden door een zo goed mogelijke herkenning van de wegcategorieën. Hierbij spelen drie hoofdprincipes een belangrijke rol: functionaliteit, homogeniteit en herkenbaarheid/voorspelbaarheid. Het principe functionaliteit gaat ervan uit dat het feitelijk gebruik van een weg in overeenstemming moet zijn met het geplande of beoogde gebruik. Duurzaam Veilig gaat uit van drie wegcategorieën namelijk 'stroomwegen', 'gebiedsontsluitingswegen' en 'erftoegangswegen' die ieder eigen karakteristieken hebben wat betreft aanpalende functies, gebruik door verschillende verkeersdeelnemers, menging en scheiding en maximum snelheid. De wegategorisering vormt een verbindende factor tussen het ruimtegebruik en het gebruik van wegen. Dijkstra et al. stellen dat er weinig onderzoek is gedaan naar het eerste principe, namelijk de functionaliteit. In andere woorden: kiezen weggebruikers een zo veilig mogelijke route? Zij hebben een methode ontwikkeld om de veiligheidseffecten van een routekeuze te beoordelen op basis van 9 criteria die te maken hebben met het gebruik van verschillende wegcategorieën en het uitvoeren van specifieke risicovolle manoeuvres zoals linksaf-slaan.

Er zijn Vlaamse studies naar de geografische spreiding van ongevallen, de gevaarlijke punten, en de relatie tussen ongevallen en kenmerken van de infrastructuur, de zogenaamde risicomodellen (Dufays en Steenberghen 2000; Steenberghen, Thomas et al. 2005). De studie van Dufays en Steenberghen (2000) maakt een onderscheid naar schaalniveau waarbij afhankelijk van het schaalniveau verschillende aspecten worden onderzocht met verschillende methodes. Op macro niveau levert dit statisch verklarend model, op meso niveau zijn verklaringen gezocht op basis van correlaties en het micro niveau is gebruikt als validatie van de uitkomsten op de twee hogere schaalniveaus.

	Macro	Meso	Micro
Omgeving	Autosnelwegen + genummerde wegen	Alle wegen	Steekproef zwarte zones
Methode	Bepaling zwarte zones dmv lineaire ruimtelijke correlatie	Bepaling gevaarlijke omgevingen	Kwalitatieve diepte analyse
Resultaat	Statistisch verklarend model	Verklaring op basis van correlaties	Validatie statistische benadering

Tabel 1 Benaderingen relatie ongevallen en geografische kenmerken

In de studie zijn twee gebieden nader geanalyseerd: het Brussels Gewest en Mechelen. De meeste ongevallen zijn geconcentreerd in zones met een commerciële en administratieve functies en daarna in zuivere woongebieden. Voetgangersongevallen gebeuren meer in woongebieden en fietsongevallen komen iets vaker voor in gebieden met een recreatief karakter of met een specifieke aantrekkingskracht voor fietsers zoals een station. De voetgangersongevallen vinden het vaakst plaats in de nabijheid van commerciële functies of in woongebieden. Het grootste aandeel van de ongevallen vindt plaats op lokale en bestemmingswegen en als specifiek naar voetgangers wordt gekeken gaat het zelfs om 90 procent van de ongevallen. De vorm van de weg lijkt minder relevant. Wel wordt vastgesteld dat 75% van de ongevallen plaatsvindt op een weg zonder middenberm. Als naar de combinatie van wegtype en het omliggende ruimtegebruik volgens het Gewestelijk Ontwikkelingsplan wordt gekeken, dan valt op dat er significant meer ongevallen gebeuren op wegen met een verbindingsfunctie door een gebied met woonfunctie of commerciële functie. Op wegen met een bestemmingsfunctie gebeuren juist minder ongevallen dan gemiddeld. Ongevallen met enkel gemotoriseerd verkeer vinden vooral plaats op kruispunten. Ook wordt vastgesteld dat er aanwijzingen zijn dat de overgang naar woongebieden een probleem kan vormen.

De studies van Dufays en Steenberghen (2005) laten zien dat de omgeving en de infrastructuur tussen de 5 en 21% van de variatie verklaren van geobserveerde verkeersongevallen. De meeste verklarende variabelen zouden echter temaken hebben met eigenschappen van de infrastructuur.

Een recent uitgevoerde studie naar de effectiviteit van doortochtherinrichtingen legt een relatie tussen ruimtelijke kenmerken van de weginfrastructuur en verkeersveiligheid (Van Hout 2008). De studie laat zien dat ruimtelijke aspecten erg belangrijk lijken, maar dat de onderzochte variabelen niet voldoende verklarende elementen leveren. De in België uitgevoerde studies tonen aan dat het voor de Vlaamse situatie zeker interessant is om nader onderzoek uit te voeren naar ruimtelijke orderingsvariabelen die een betere verklaring geven van de mate van verkeersveiligheid.

2.5 Eenheid van onderzoek

Een belangrijke vraag bij het uitvoeren van onderzoek naar de relatie tussen verkeersveiligheid en ruimtegebruik is de basis geografische eenheid die wordt gebruikt. Uit de bovenstaande literatuurstudie blijkt dat die relatie op verschillende manieren gelegd kan worden. Een van de cruciale elementen bij onderzoek naar de relatie tussen ruimtelijke variabelen en ongevallen is de omvang van de onderzoekseenheden. Met andere woorden: tot op welk niveau kan de data geaggregeerd worden en toch nog relevante uitkomsten bieden. De uiteindelijke keuze heeft sterk te maken met het doel van het onderzoek. Of te wel: welke ruimtelijke variabelen worden onderzocht.

Op niveau van een district kunnen uitspraken worden gedaan over de relatie tussen ongevallen en het stratenpatroon, het meest dominante ruimtegebruik in die zone of bijvoorbeeld de socio-economische samenstelling van de bevolking. Meer gedetailleerde uitkomsten kunnen echter niet worden verwacht. Onderzoek van Petch en Henson (Petch

en Henson 2000) laat bijvoorbeeld zien dat het niet mogelijk is om ruimtelijke verklarende factoren te vinden voor de spreiding van ongevallen onder jonge voetgangers en fietsers als de analyses worden uitgevoerd op districtniveau. Door het niveau van aggregatie is er te weinig verschil in de ruimtelijke variabelen om significante verschillen te detecteren. Om duidelijkere verklaringen te krijgen wordt door Dissananayake et al. (2009) gesuggereerd dat de analyses uitgevoerd moeten worden voor kleinere of meer specifieke gebieden. Bij onderzoeksresultaten op niveau van een district kan over het algemeen geen directe relatie worden gelegd met de wegcategorie (Levine, Kim et al. 1995). Wel kunnen kenmerken aan de geografische zones worden gekoppeld die informatie geven over het voorkomen van verschillende soorten wegcategorieën en vormen van ruimtegebruik.

Om een gedetailleerde relatie tussen ongevallen en ruimtegebruik te kunnen bepalen, bijvoorbeeld op wegvak niveau, is het van belang dat de ongevallen zo correct mogelijk zijn gepositioneerd. Een van de problemen met het positioneren van ongevallen op basis van hectometer nummers is het veelvuldig gebruik van de 'standaard-waarde' 0 waardoor veel ongevallen ten onrechte aan deze hectometer paal worden toegewezen en er een vertekening van het aantal ongevallen ontstaat. Steenberghen et al (2005) geven aan dat in Vlaanderen ongeveer 95% van de ongevallen in op kruispunten correct gepositioneerd is en ongeveer 88% van de ongevallen op wegvakken (situatie 1998-1999). Ten opzichte van voorgaande jaren is dit al een verbetering.

2.6 Conclusies relatie ruimtegebruik en verkeersveiligheid

Verschillende auteurs laten zien dat er een relatie is tussen ruimtegebruik en verkeersveiligheid. Onderstaande tabel geeft een overzicht van effecten die in de literatuur zijn gevonden.

Tabel 2 Voorspellende variabelen voor meer ongevallen

	Aantal ongevallen	Onderzoeken	Mogelijke verklaring
Ruimtegebruik – fysiek			
Meer stedelijk (versus landelijker)	Toename	Noland 2003	
	Toename	Petch 2000	Kans dat kind betrokken raakt is 5 keer groter dan in landelijk gebied
	Toename <u>aantal</u> (voetganger)	Lee 2005	Minder ongevallen bij geregelde kruispunten
Lagere dichtheid en veel urban sprawl	Toename	Paulozzi 2006	Gevaarlijker voor voetgangers
		Noland 2003	Vooral lichte ongevallen
	Toename <u>ernst</u>	Lee 2005	
Meer wooneenheden	Toename	Lovegrove 2008	
Rijtjeswoningen	Toename (kinderen)	Petch en Henson 2000	
Weinig speelvoorzieningen	Toename (kinderen)	Petch en Henson 2000	
Hoog aandeel parkeren op straat	Toename (kinderen)	Petch en Henson 2000	
Lange rechte straten	Toename (kinderen)	Petch en Henson 2000	
Ruimtegebruik – functioneel			
Hogere werkgelegenheidsdichtheid	Toename	Lovegrove 2008 Noland (2003)	
Meer inwoners	Toename	Lovegrove 2008	
Typische winkelgebieden	Toename	Ossenbruggen et al 2001	
Gebieden met commercieel ruimtegebruik	Toename	Kim en Yamashita 2002	
Woongebieden	Toename (kinderen)	Petch en Henson 2000 Dunbar et al 2004 Tolmie et al 2006 Dissanayake et al 2009	
Sociale omgeving			
Meer werkloosheid (deprived areas)	Toename	Abdalla et al 1997 Chichester et al 1998 Noland 2003 Lovegrove 2008	
		Graham et al 2003	Meer kinderen betrokken
Grotere families	<u>Minder</u>	Lovegrove 2008	
	Toename	Petch en Henson 2000	
Meer automobilisten	Toename	Lovegrove 2008	
Het wegennetwerk			
Toename Kilometers	Toename	Lovegrove 2008 Noland 2004	Licht letsel
Toename Weglengte	Toename	Lovegrove 2008 Noland 2004	
Toename Files	Toename	Lovegrove 2008	
Veel doorgaand verkeer	Toename (kinderen)	Petch en Henson 2000 Bly et al 2005	

		Clifton 2009	
Hoge snelheid	Toename (voetgangers)	Dufays et al 2000 Bly et al 2005 Lee et al 2005	
Shortcut capacity/attractiviness	Toename	Lovegrove 2008	
Groter 'core' omvang en percentage	<u>Minder</u>	Lovegrove 2008	
Toename kruispunten tussen lokale en doorgaande wegen	Toename	Lovegrove 2008	
Toename % doorgaande wegen	Toename	Lovegrove 2008	
Groter % lokale wegen	<u>Minder</u>	Lovegrove 2008	
	Beperkt effect	Noland 2003	
Lengte snelweg per km ²	Geen effect	Noland 2003	
Wegontwerp			
Toename verkeerslichten	Toename ongevallen	Lovegrove 2008	
	Beperkt effect	Lee 2005	Afhankelijk van locatie (stedelijk – landelijk)
Toename dichtheid kruispunten	Toename ongevallen	Lovegrove 2008	
	<u>Geen effect</u>	Noland 2004	
	Geen effect	Noland 2003	
Groter % t-kruisingen	<u>Minder</u> ongevallen	Lovegrove 2008	
Toename aantal rotondes	Geen effect	Noland 2003	

Op basis van de literatuurstudie is het effect van de verschillende ruimtelijke variabelen niet altijd eenduidig. Over het algemeen kunnen we concluderen dat variabelen die leiden tot een hogere intensiteit van verkeersdeelnemers dientengevolge ook leiden tot meer ongevallen. In sociale achterstandsgebieden en gebieden met grote gezinnen is het aantal ongevallen bijvoorbeeld groter, wat verklaard zou kunnen worden door het feit dat de inwoners meer tijd op straat doorbrengen. Dit zou ook een verklaring kunnen zijn voor het feit dat sommige onderzoeken aangeven dat in straten met beperkte speelruimte kinderen vaker betrokken zijn bij ongevallen. Als er geen speciale speelruimte is, dan blijft er niet veel anders over dan het trottoir. In combinatie met veel geparkeerde auto's en rechte straten die uitnodigen tot hoge snelheden leidt dit tot meer ongevallen.

Het is opvallend dat gebieden met een lagere bebouwingsdichtheid vaak slechter scoren op gebied van verkeersveiligheid. Dit kan gedeeltelijk verklaard worden door de hogere snelheden waardoor de consequenties van een ongeval ernstiger zijn. In het onderzoek van bijvoorbeeld Lee (2005), kwam inderdaad naar voren dat de frequentie om betrokken te raken in een ongeval hoger is in stedelijk gebied, maar dat de consequenties ernstiger zijn in landelijk gebied.

Sommige onderzoeken spreken elkaar enigszins tegen of komen uit op een meer of minder sterk verband. Dit kan gedeeltelijk verklaard worden door gehanteerde de onderzoeksmethodes en de geografische eenheid waarop het onderzoek is gebaseerd. Naarmate het de geografische eenheid gedetailleerder is, kunnen specifiekere resultaten worden verkregen en die kunnen soms in tegenspraak zijn met de algemenere uitkomsten die voor een groter gebied gelden. Een woongebied kan bijvoorbeeld een verkeerstructuur hebben die op zich veilig is, maar een specifieke straat met veel doorgaand verkeer kan juist veel slechter scoren. Afhankelijk van de korrel van het onderzoek, kan de uitkomst dus verschillen. Het is daarom van groot belang dat bij het vergelijken van resultaten steeds helder wordt omschreven wat de geografische eenheid van onderzoek was.

3. CASE HASSELT

3.1 Data

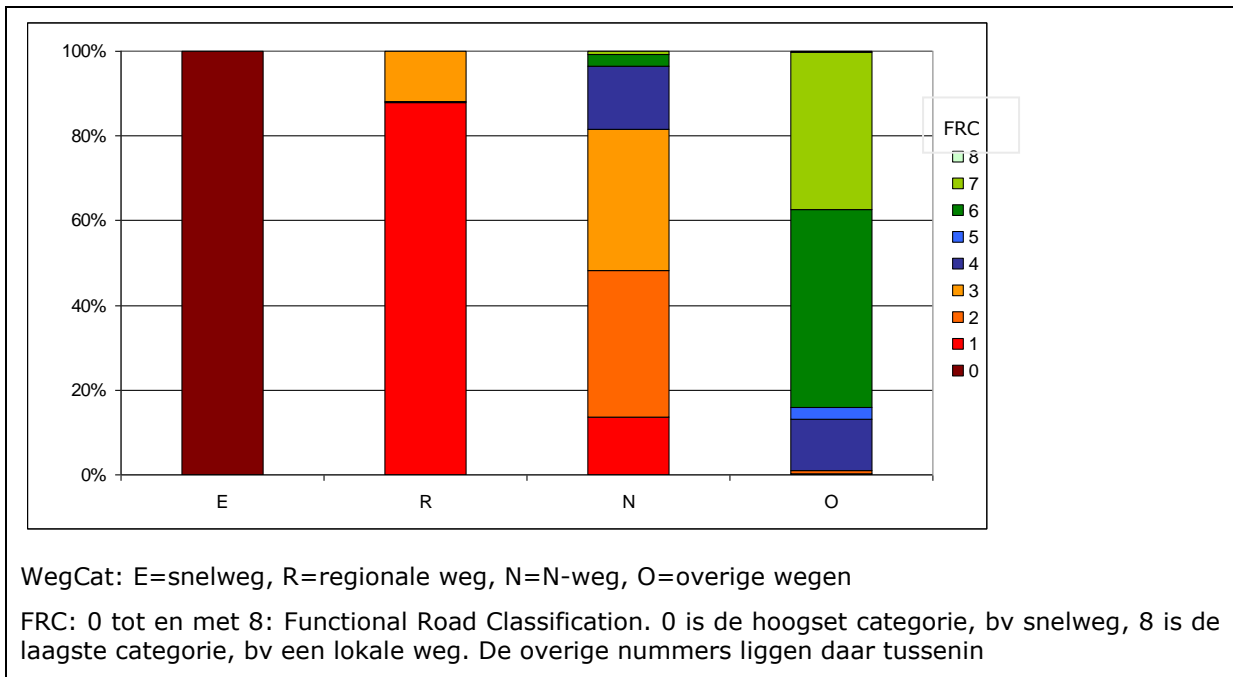
3.1.1 Wegennetwerk en wegkenmerken

Om de ongevallen en de verplaatsing te kunnen relateren aan het wegennet, is gebruik gemaakt van een commercieel verkrijgbaar digitaal wegenbestand. Het bestand dat basisinformatie bevat over de geometrie en de belangrijkste attributen is gekoppeld aan het bestand dat attributen bevat die het berekenen van routes mogelijk maakt.

Een van de belangrijkste kenmerken die aan routes en ongevallen wordt gekoppeld is de 'wegcategorie'. Omdat we gebruik maken van het een digitaal wegenbestand, betekent dit dat de routeclassificatie ook op dit bestand wordt gebaseerd. De wegen in het digitale wegenbestand zijn ook voorzien van een wegnummer. Tabel 3 geeft een overzicht van de functionele routeclassificatie, de omschrijving en de gehanteerde maximum snelheden en Figuur 2 hoe de functionele wegcategorieën zijn verdeeld over de routecategorieën.

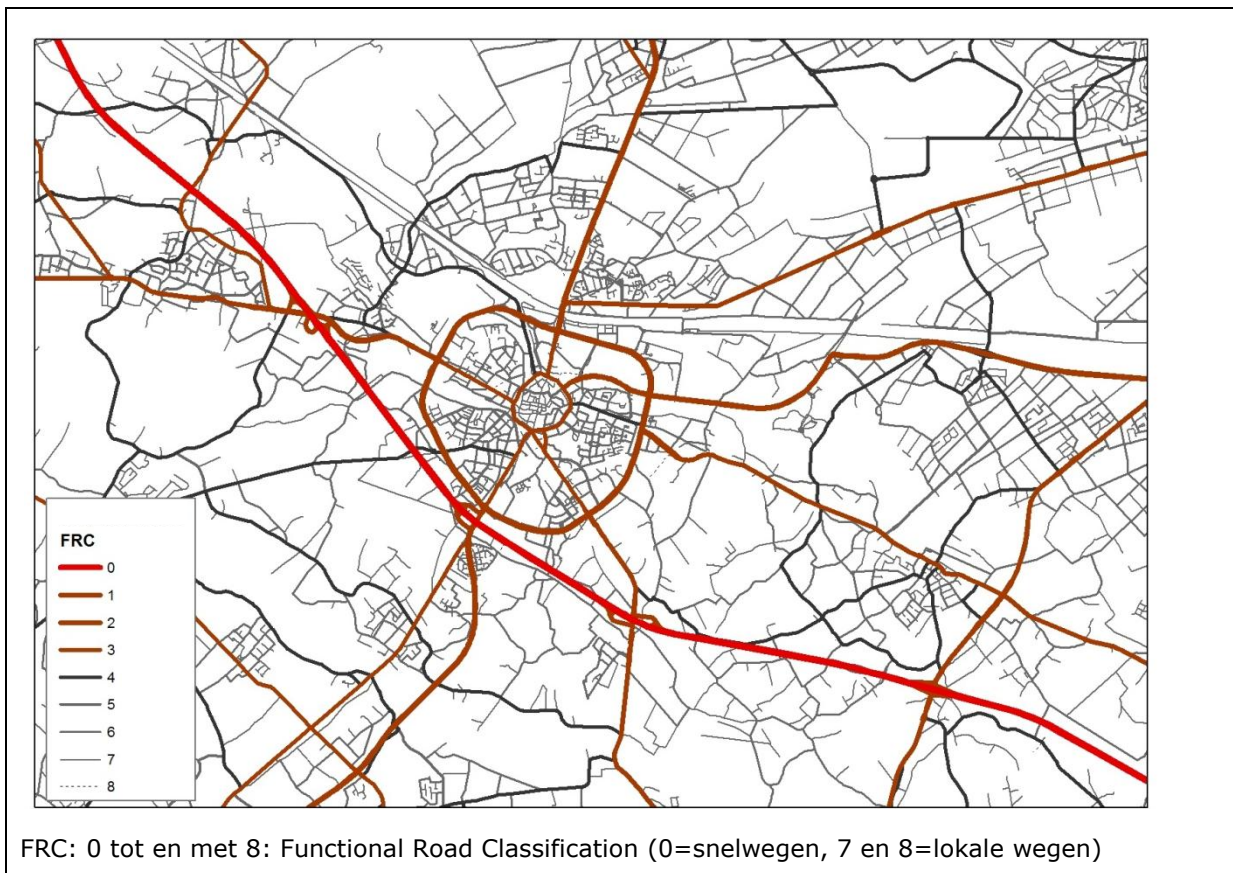
Tabel 3 Functionele routeclassificatie (FRC)

FRC	Omschrijving	maximum snelheid
-1	Not Applicable	-
0	Motorway, Freeway, or Other Major Road	120 km/h
1	a Major Road Less Important than a Motorway	50, 60, 70, 85, 100 km/h
2	Other Major Road	50, 60, 75 km/h
3	Secondary Road	50, 60, 75 km/h
4	Local Connecting Road	45, 65 km/h
5	Local Road of High Importance	45, 65 km/h
6	Local Road	35, 50 km/h
7	Local Road of Minor Importance	20, 35 km/h
8	Other Road	-

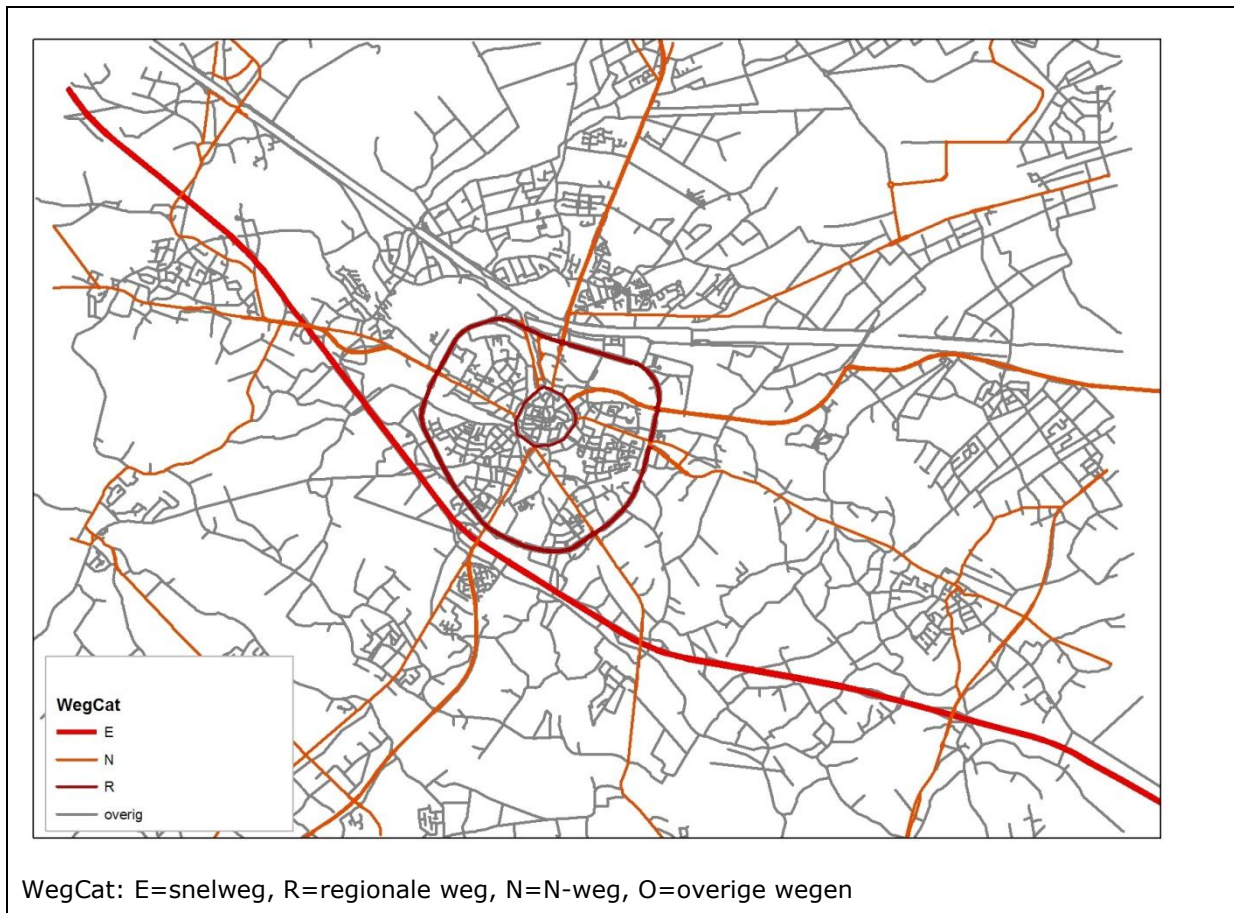


Figuur 2 Verdeling van functionele wegindeling volgens Wegnummer

Figuur 3 laat de wegenclassificatie (FRC) volgens het digitale wegenbestand zien voor het gebied rondom Hasselt en Diepenbeek.



Figuur 3 Functionele wegenclassificatie (Hasselt)



Figuur 4 Wegcategorisering volgens routenummers (Hasselt)

3.1.2 Ongevalgegevens

De ongevalldata is gebaseerd op een databank van de Vlaamse overheid met de gelokaliseerde ongevallen. Voor deze rapportage hebben we gewerkt met ongevallen die zijn gebeurd in de periode van 2003 tot en met 2005, dus een periode van 3 jaren.

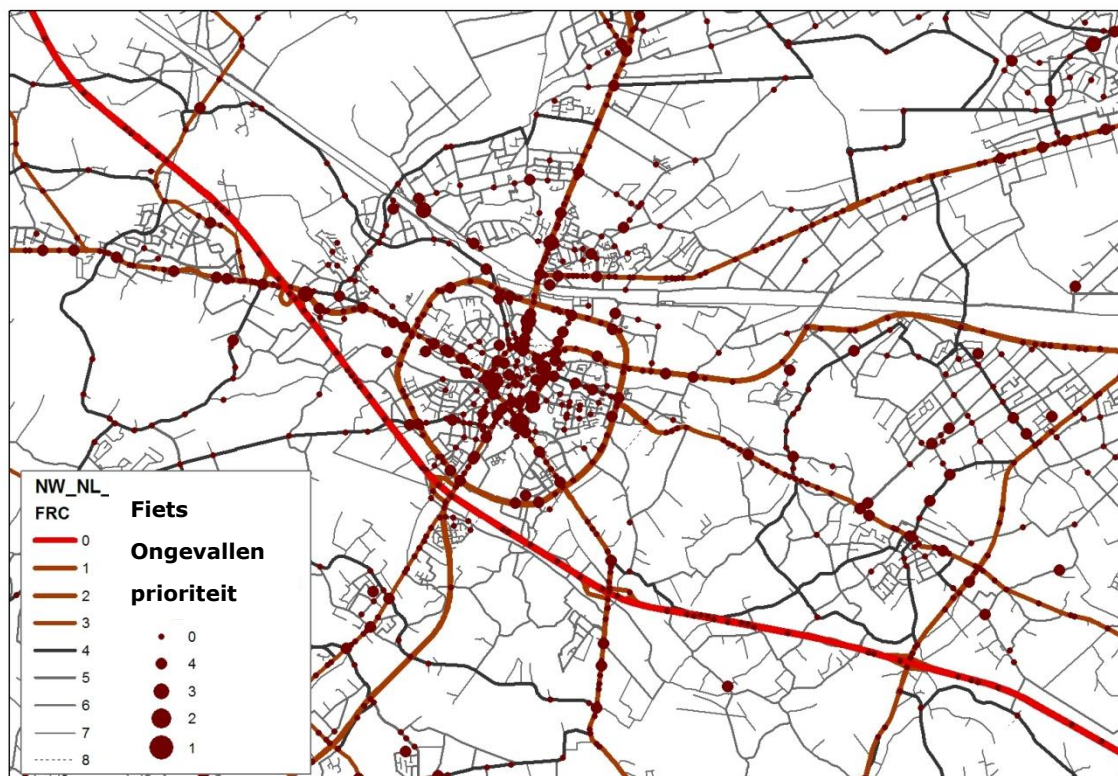
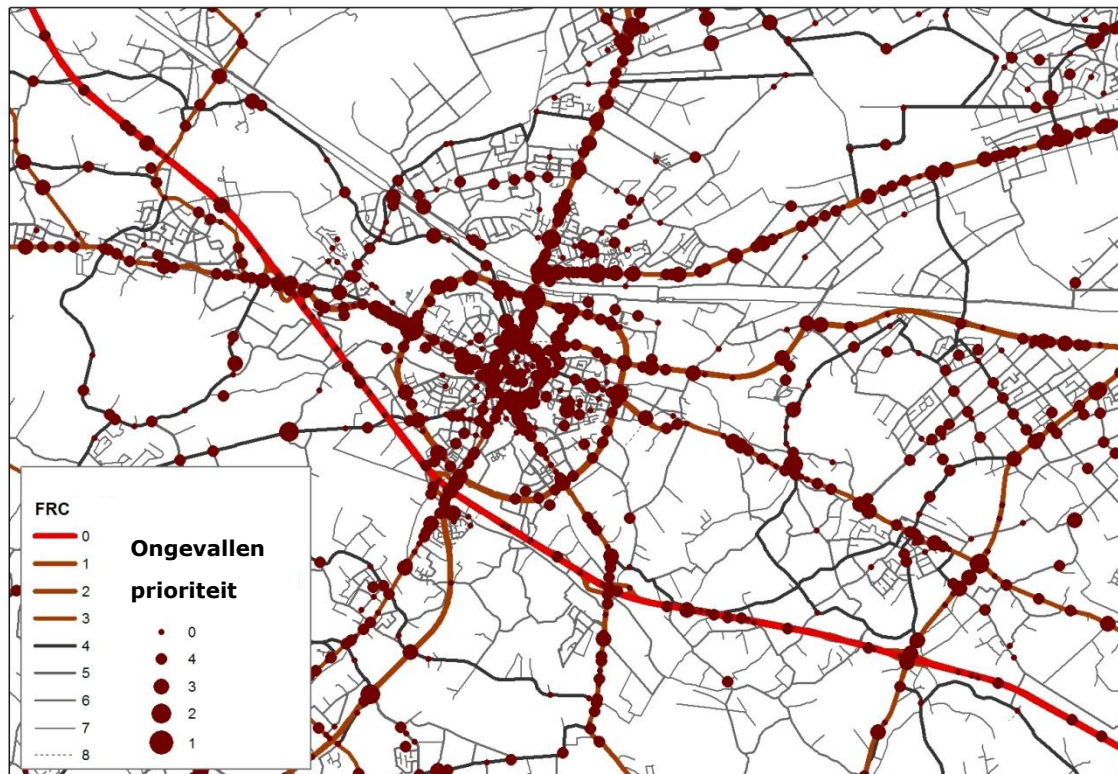
Van elk ongeval is de volgende informatie beschikbaar:

- Jaar van ongeval en objectidentificatienummer;
- Aantal ongevallen en aantal fietsongevallen;
- Doden (30dagen), zwaargewonden, lichtgewonden voor alle ongevallen en voor fietsongevallen;
- Prioriteit voor alle ongevallen en voor fietsongevallen;
- Gevaarlijke punten op basis van alle ongevallen en van alleen fietsongevallen.

De gevaarlijke punten zijn gebaseerd op de 1L-3Z-5D regel waarbij een lichtgewonde 1 punt krijgt, een zwaargewonde 3 en een dode 5 punten (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap 2001). Een locatie wordt als een 'gevaarlijk punt' beschouwd als de som van de punten over een periode van 3 jaar meer is dan 15. Deze berekening is uitgevoerd voor alle ongevallen samen en specifiek voor de fietsongevallen.

In de ongevalldatabase is geen informatie beschikbaar over ongevallen met uitsluitend materiële schade.

Figuur 5 laat de belangrijkste ongevallenlocaties van Hasselt zien op basis van prioriteit. Hetzelfde is voor fietsers gedaan in Hasselt.



FRC: 0 tot en met 8: Functional Road Classification (0=snelwegen, 7 en 8=lokale wegen)

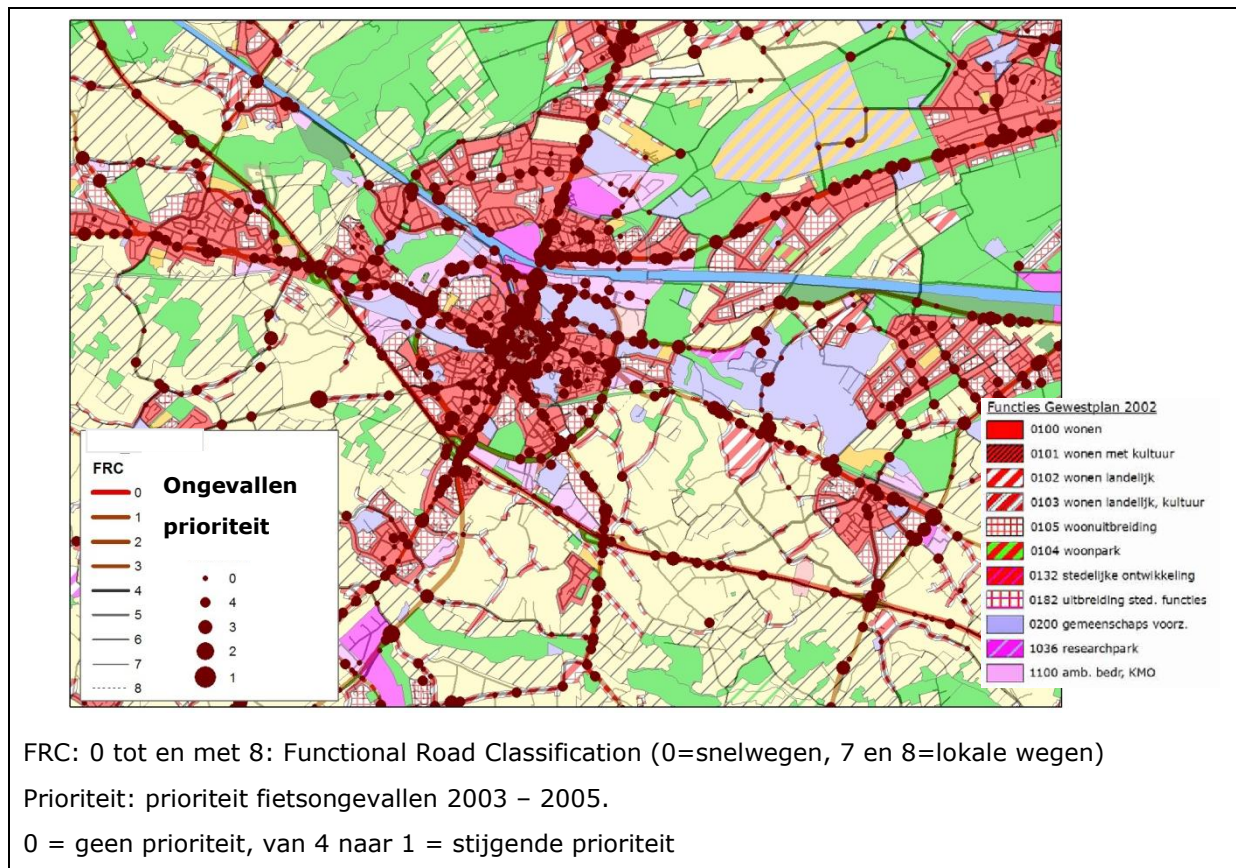
Prioriteit: prioriteit alle ongevallen 2003 – 2005.

0 = geen prioriteit, van 4 naar 1 = stijgende prioriteit

Figuur 5 Wegenclassificatie en ongevallen (alle, alleen fiets) met weging naar ernst

3.1.3 Ruimtegebruik

Om informatie te verkrijgen over het ruimtegebruik is gewerkt met een digitale versie van het gewestplan van 2002. Door verschillende bronnen van informatie te koppelen met het gewestplan wordt informatie verkregen over het – geplande – ruimtegebruik (Figuur 6).

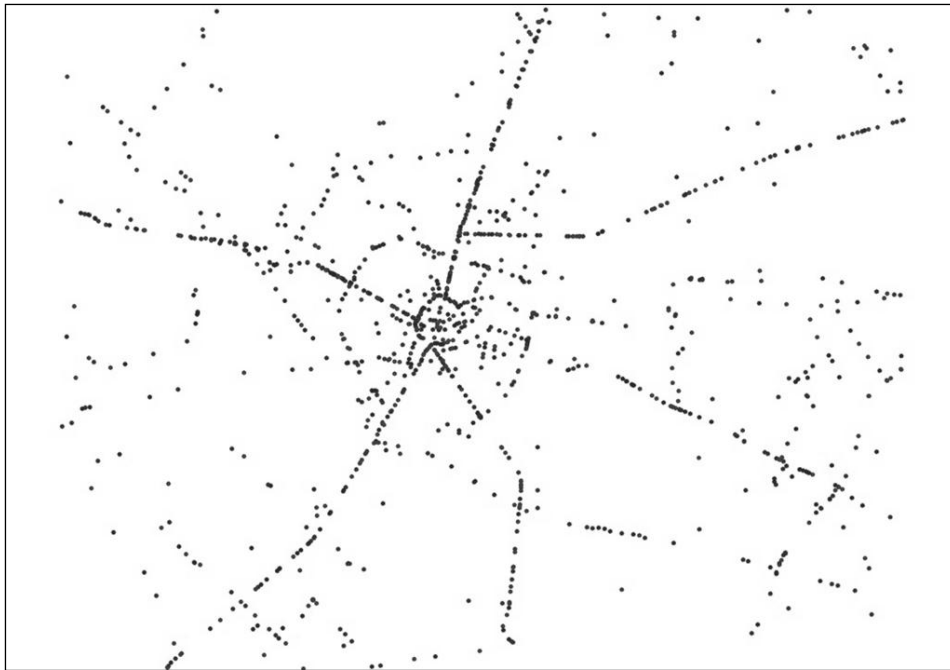


Figuur 6 Wegencategorisering, gewestplan en gevaarlijke punten

Binnen het kader van deze studie hebben we niet gekeken naar het feitelijke ruimtegebruik, maar dit zou zeker in een vervolgonderzoek aan bod kunnen komen. Hiervoor hebben we informatie nodig over het feitelijke ruimtegebruik wat op basis van luchtfoto's en kadastrale kaarten verkregen zou kunnen worden. Daarnaast kunnen specifiekere analyses worden uitgevoerd als de exacte locatie van bijvoorbeeld scholen, voorzieningen zoals winkels en bedrijven bekend is. Ook demografische gegevens zouden meegenomen kunnen worden in de analyse.

3.1.4 Ongevallen in Hasselt

Verscheidene internationale onderzoeken veronderstellen dat er een verband is tussen de plaats waar de ongevallen gebeuren en het omliggende ruimtegebruik. Voor een analyse naar de relatie tussen ruimtegebruik en ongevallen in Vlaanderen hebben we gekeken naar 1673 ongevallen die in de periode van 2003, 2004 en 2005 hebben plaatsgevonden in de omgeving van Hasselt (zie Figuur 7).



Figuur 7 Ongevallen Hasselt 2003-2005

In 72,4% van de ongevallen waren 2 weggebruikers betrokken, in 16,3% van de ongevallen ging het om een eenzijdig ongeval en in 11,3% van de gevallen ging het om een ongeval met 3 of meer betrokken partijen.

In de periode van 2003 tot en met 2005 waren er in totaal 23 ongevallen met dodelijke slachtoffers met in totaal 34 doden. In twee gevallen vielen er 5 doden per ongeval. Als we naar het totaal aantal ongevallen voor heel Vlaanderen kijken, dan blijkt dat deze twee ongevallen met 5 doden per ongeval als een uitzondering moeten worden gezien: het zijn namelijk de enige twee ongevallen met een dergelijk omvang in dezelfde periode. In ongeveer 10% van de ongevallen viel 1 zwaargewonde en in ongeveer 65% van de ongevallen 1 lichtgewonde.

3.2 Wegkenmerken en ongevallen

Om te kunnen onderzoeken of er een verband is tussen het ruimtegebruik en de ongevallen is steeds gekeken naar het ruimtegebruik en kenmerken van de weg. Deze kenmerken zijn vervolgens gekoppeld aan de ongevallendatabase.

3.2.1 Wegcategorieën

In ons studiegebied Hasselt is allereerst gekeken welke wegcategorieën voorkomen en in welke mate. Daarnaast is dit vergeleken met het totale wegennet voor Vlaanderen en heel België. De totale weglengte voor het studiegebied rondom Hasselt is 922 kilometer, Vlaanderen telt 61.541 kilometer weg en België 111.887 kilometer.

Tabel 4 Vergelijking wegcategorieën in België, Vlaanderen en Hasselt – FRC

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	-1
België	3,2%	1,8%	4,6%	5,7%	15,5%	2,2%	31,6%	34,8%	0,7%	0,1%
Vlaanderen	2,9%	1,6%	4,1%	4,4%	12,7%	2,6%	34,8%	36,1%	0,8%	0,1%
Hasselt casus	4,2%	4,3%	5,4%	5,0%	11,4%	2,3%	37,5%	29,7%	0,3%	0,0%

Tabel 4 laat zien dat de lengteverdeling van de wegcategorieën (volgens functionele route classificatie) in onze casestudielocatie rondom Hasselt redelijk overeenkomt met de verdeling in Vlaanderen. In ons studiegebied zijn er meer wegen met categorie 0 en 1 (snelwegen en hoofdwegen), meer wegen met categorie 6 (lokale weg) maar juist minder wegen met categorie 7 (lokale weg van de laagste orde).

Tabel 5 Vergelijking wegcategorieën België, Vlaanderen en Hasselt – Routennummer

	E	A	B	D	N	R	P	Overig
België	3,2%	0,2%	0,03%	0,00%	12,3%	0,8%	0,2%	86,5%
Vlaanderen	2,5%	0,3%	0,03%	0,00%	9,9%	1,0%		88,7%
Hasselt casus	4,2%				13,9%	2,5%		79%

Tabel 5 laat zien dat het aantal wegen met een E- en een R-nummer iets hoger is dan gemiddeld in Vlaanderen en België, terwijl het aantal overige wegen juist minder groot is. Ook komen er minder categorieën in het gebied rondom Hasselt voor dan in Vlaanderen en België.

3.2.2 Ongevallen

In totaal vonden er in 3 jaar 1673 ongevallen plaats binnen het studiegebied. Voor elk ongeval is een typologie van wegcategorieën bepaald op basis van de wegcategorieën die binnen een straal van 5 meter rondom een ongeval voorkomen. Er is voor een straal van 5 meter gekozen zodat informatie die relevant is voor het ongeval nog wel wordt meegenomen, maar dat wordt voorkomen dat bijvoorbeeld parallelwegen worden meegenomen.

De ongevallen in Vlaanderen zijn met behulp van een spatialjoin (closest feature) gekoppeld aan het wegennet (

Tabel 6). Dat wil zeggen dat de ongevallen zijn gekoppeld aan een wegsegment dat het dichtst in de buurt ligt. Dit geeft op zich een goed beeld van de wegcategorieën waarop ongevallen plaatsvinden, maar het geeft geen informatie over de aanwezigheid van andere wegen in de buurt die van invloed kunnen zijn op het ongeval.

Tabel 6 Ongevallen in Vlaanderen en Hasselt volgens FRC (2003-2005)

FRC	0	1	2	3	4	5	6	7	8	-1
Vlaanderen										
Km	1773	969	2498	2728	7845	1591	21393	22218	488	37
Km%	2,9%	1,6%	4,1%	4,4%	12,7%	2,6%	34,8%	36,1%	0,8%	0,1%
Ongevallen	5680	5243	13332	11889	16722	3804	14289	6091	126	4
Ongevallen%	7,4%	6,8%	17,3%	15,4%	21,7%	4,9%	18,5%	7,9%	0,2%	0,0%
Ong/100km	320	541	534	436	213	239	67	27	26	11
Hasselt										
Km	38	39	49	46	105	21	344	273	2	0
Km%	4,2%	4,3%	5,4%	5,0%	11,4%	2,3%	37,5%	29,7%	0,3%	0,0%
Ongevallen	61	296	252	322	199	32	362	144	5	0
Ongevallen%	3,6%	17,7%	15,1%	19,2%	11,9%	1,9%	21,6%	8,6%	0,3%	0,0%
Ong/100km	159	753	511	705	190	151	105	53	215	0
Hasselt/Vlaanderen										
Km	0,5	1,4	1,0	1,6	0,9	0,6	1,6	2,0	8,3	0,0

Uit deze gegevens kunnen we concluderen dat de wegcategorieën die vooral een verkeersfunctie hebben (0, 1, 2, 3 en 4) het meeste ongevallen per kilometer lengte laten zien. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat hier alleen gekeken is naar het aantal ongevallen per kilometer categorie en dat de intensiteit op deze wegen niet is meegenomen. Een weging naar intensiteit zou een ander beeld kunnen opleveren, maar is in het kader van deze verkennende studie niet uitgevoerd.

In het gebied rondom Hasselt valt op dat er op de snelweg (wegcategorie 0) minder ongevallen per kilometer plaatsvinden in vergelijking met Vlaanderen. Ook wegcategorie 5 is veiliger dan het Vlaams gemiddelde. Op categorie 8 hebben er in Hasselt veel meer ongevallen per kilometer plaatsgevonden. Dit hoge getal kan echter komen door het kleine aandeel van categorie 8 in het totale wegennet. Wegcategorie 1, 3 springen in negatieve zin in het oog met een hoger aantal ongevallen per kilometer. In totaal zijn categorie 1 en 3 samen goed voor 9,3% van de totale lengte in Hasselt, terwijl 36,9% van de ongevallen in Hasselt op deze wegen plaatsvindt.

In Tabel 7 zijn de ongevallen weergegeven onderverdeeld op basis van wegnummer, zowel naar aantal als naar ernst. Voor het berekenen van de ernst hebben we de volgende gewichten gebruikt: aantal doden * 5 + aantal zwaargewonden * 3 + aantal licht gewonden * 1.

Tabel 7 Ongevallen in Hasselt volgens Routennummer (2003 - 2005)

Routennummer	Km		AANTong		AANTong/100km	ERNSTong		ERNSTong/100km
E	38	4,2%	61	4%	159	115	4%	303
N	128	13,9%	776	46%	605	1369	47%	1070
R	23	2,5%	158	9%	689	270	9%	1174
O (overig)	733	79,5%	678	41%	92	1133	39%	313
Totaal	922		1673			2887		2860

Op basis van dit overzicht blijkt dat vooral de N- en de R-wegen het meeste ongevallen per 100 kilometer weglengte hebben, vooral de N-wegen vallen hierbij op met bijna de

helpt van het aantal ongevallen. Als we naar alle ongevallen kijken dan is de verdeling van aantal ongevallen en ernst van de ongevallen over de verschillende wegcategorieën ongeveer gelijk. 46% van de ongevallen vindt plaats op een N-weg, terwijl een weging van ernst maar een procent verschil geeft, namelijk 47%.

We kunnen de ongevallen in Hasselt ook onderverdelen naar binnen en buiten de bebouwde kom (Tabel 8), onderverdeeld naar aantal en ernst. De meeste ongevallen binnen de bebouwde kom vinden plaats op overige wegen, maar de verdeling van aantal en ernst van ongevallen over de categorieën is ongeveer hetzelfde. Buiten de bebouwde kom zijn er wel verschillen waar te nemen. Op N-wegen is het aandeel van de ernst van de ongevallen veel hoger dan het aandeel van het aantal ongevallen. Op overige wegen is dit juist omgekeerd: er vinden minder ernstige ongevallen plaats op dit type wegen. Het hoge aandeel van ernstige ongevallen op N-wegen kan goed samenhangen met de hogere snelheden buiten de bebouwde kom. Daarbij moet worden opgemerkt dat het hier gaat om cijfers van 2003 tot 2005 toen de snelheidslimiet op N-wegen vaak nog hoger was dan tegenwoordig. Vergelijking met recentere ongevalldata is daarom interessant.

Tabel 8 Ongevallen binnen en buiten bebouwde kom (2003-2005)

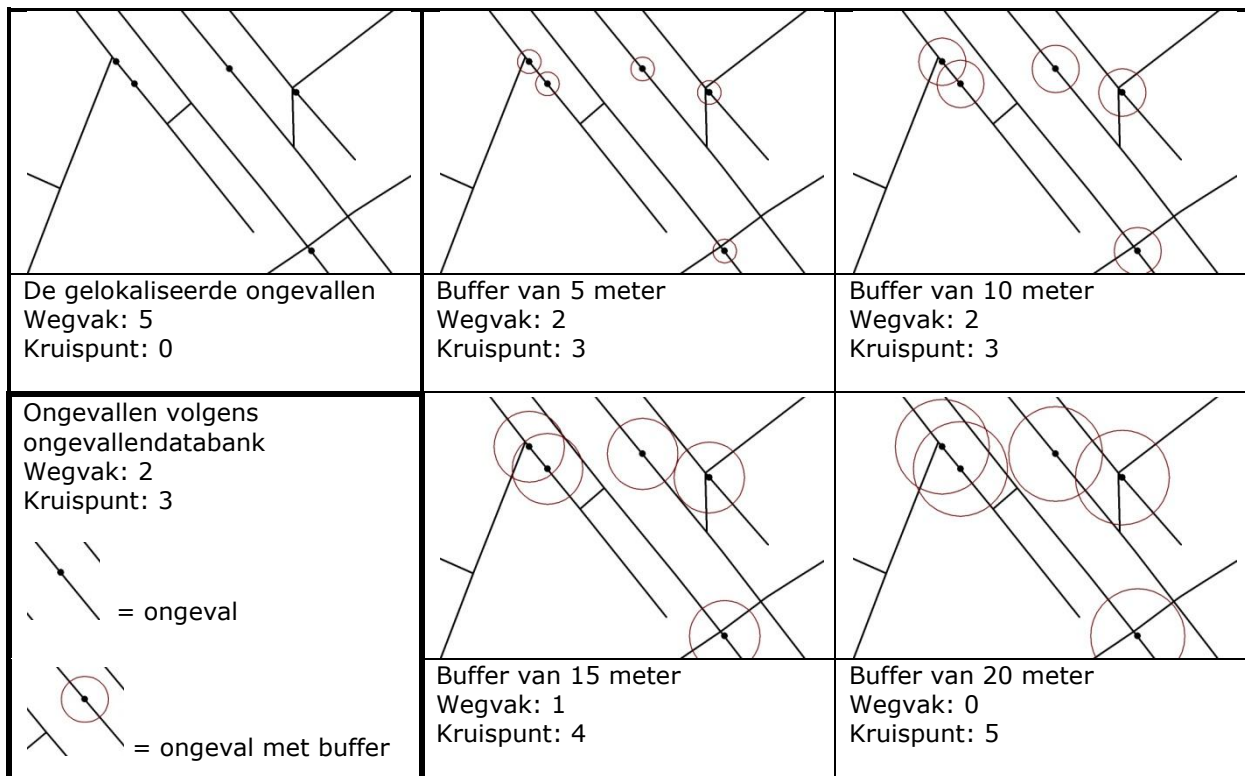
Routenummer	Binnen bebouwde kom				Buiten bebouwde kom			
	Aantal		Ernst		Aantal		Ernst	
E	2	0%	3	0%	59	4%	112	5%
N	190	34%	259	34%	586	38%	1110	53%
R	54	10%	79	10%	191	12%	191	9%
O (overig)	310	56%	432	56%	701	46%	701	33%
Totaal	556		773		1537		2114	

3.2.3 Locatie van de ongevallen: wegvak of kruispunt

Een van de gegevens die we kunnen halen uit de ongevalldatabank die door de politie is aangeleverd, is of het ongeval plaatsvond op een wegvak of een kruispunt. Deze informatie is gebaseerd op het politierapport dat is opgemaakt ten behoeve van het ongeval en waarbij is bepaald of het ongeval op een kruispunt plaatsvond of niet. Er zijn afspraken over wanneer een ongeval wordt toegewezen aan een kruispunt, maar de interpretatie van degene die de papieren heeft ingevuld speelt ook een rol. Op basis van deze gegevens vonden 801 (48%) van de ongevallen plaats op een kruispunt en 872 (52%) op een wegvak. De ongevalldata is door de politie gelokaliseerd op het wegennet. Uiteindelijk is elk ongeval gerelateerd aan een serie attributen die horen bij de specifieke locatie waar het ongeval plaatsvond.

Door de gelokaliseerde ongevallen te koppelen met de gegevens van de politie is te bepalen of een ongeval moet worden toegeschreven aan een wegvak of kruispunt. Als alternatieve methode hebben we met behulp van GIS gekeken of een gelokaliseerd ongeval op een wegvak of in de nabijheid van een kruispunt plaatsvond door te kijken naar eigenschappen van het wegennet binnen een bepaalde straal rondom het ongeval. Het is immers mogelijk dat een ongeval weliswaar op een wegvak plaatsvond, maar in de directe nabijheid van een kruispunt waardoor ook geredeneerd kan worden dat het een ongeval is dat gerelateerd is aan een kruispunt.

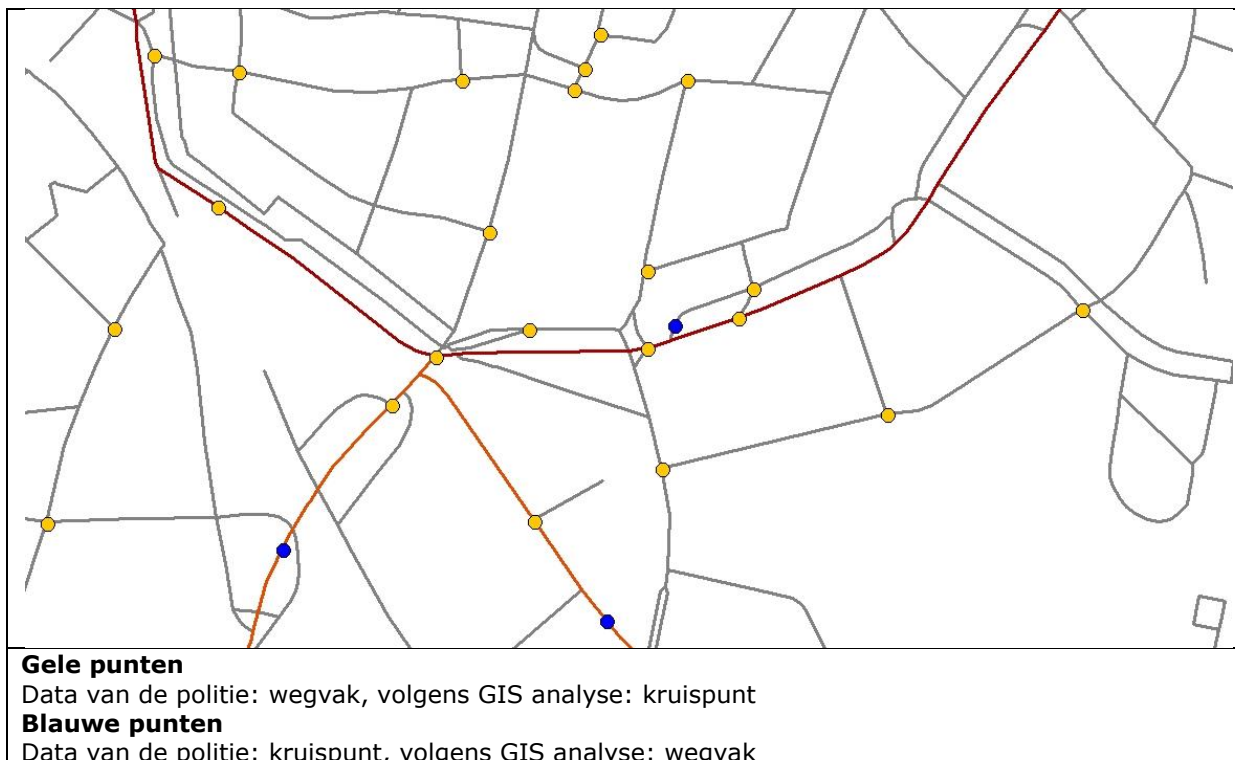
Met de GIS-methode hebben we voor elk ongeval het aantal lijnsegmenten binnen een bepaalde straal bepaald. Op basis van deze gegevens heeft het ongeval het kenmerk 'wegvak' of 'kruispunt' gekregen. De ongevallen op de wegvakken kenmerken zich door het hebben van maximaal 2 lijnstukken direct rondom het kruispunt. Alle overige situaties zijn gedefinieerd als een kruispunt. Figuur 8 laat het effect zien van het vergroten van de zoekstraal rondom het ongeval op het aantal bepaalde kruispunten.



Figuur 8 Invloed van zoekafstand rondom ongeval op aantal kruispunten

Op basis van de gelocaliseerde ongevallen zou geen van de ongevallen zijn gebeurd op een kruispunt omdat het ongeval steeds aan een lijnstuk is gekoppeld. Met de GIS-methode hebben we verschillende zoekstralen gebruikt. Bij een zoekstraal van 5 en van 10 meter zouden 2 ongevallen worden toegewezen aan een wegvak en de overige aan een kruispunt. Dit komt redelijk overeen met de vermoedelijke omstandigheid van het ongeval, ervan uitgaande dat de lokalisering correct is gebeurd. Een zoekstraal van 15 of 20 meter geeft een toename van het aantal ongevallen dat op een kruispunt zou hebben plaatsgevonden doordat ook parallelle wegvakken mee worden gerekend bij het aantal lijnsegmenten binnen de straal. Hierdoor vindt een te grote vertekening plaats.

Bij de GIS-methode is uitgegaan van de wegkenmerken binnen een straal van 5 meter rondom een ongeval. Op basis van deze methode vonden 1049 (63%) van de ongevallen plaats binnen 5 meter van een kruispunt en 624 (33,5%) op een wegvak. Figuur 9 laat een aantal ongevallen zien die op basis van de politiedata op een wegvak plaatsvinden, maar volgens de GIS analyse op een kruispunt en omgekeerd. In totaal gaat het om 274 van de 1673 ongevallen (16%) waarbij dit verschil optreedt. Binnen dit onderzoek is gekozen voor een relatief kleine straal van 5 meter. Het uitvoeren van dezelfde analyse met een straal van 10 meter zal iets meer situaties opleveren waarbij een ongeval dat op een wegvak is gelocaliseerd via de GIS methode aan een kruispunt wordt toegewezen. Steenberghen et al (2010) en Okabe et al (2009) geven aan dat de keuze van de bufferafstand waarschijnlijk ook afhangt van het type netwerk en de connectiviteit van het netwerk. In deze studie is daar verder niet op ingegaan.



Figuur 9 Vergelijking kruispunten en wegvakken (data politie en eigen methode)

Wegvakken worden op basis van beide methodes in de meeste gevallen gelijk beoordeeld, het grote verschil vindt plaats bij kruispunten. Door te kijken naar het aantal lijnsegmenten binnen een straal van 5 meter, worden meer ongevallen aan kruispunten toegewezen dan door alleen te kijken naar de attributen op de locatie waar het ongeval aan toegewezen is.

Tabel 9 geeft een overzicht van de verdeling van ongevallen naar kruispunt en wegvak op basis van de routenummers. De meerderheid van de ongevallen op E-wegen heeft als kenmerk 'wegvak' terwijl ongevallen op R-wegen en overige wegen vooral binnen 5 meter van een kruispunt plaatsvonden. Bij N-wegen is de verdeling ongeveer gelijk. Als we naar de tabel kijken, dan lijkt het dat naarmate de functie van de weg minder gericht is op het verwerken van veel verkeer en een lagere snelheid heeft, het aantal ongevallen op wegvakken afneemt en op kruispunten juist toeneemt.

Tabel 9 Verdeling ongevallen (2003-2005) naar kruispunt obv GIS-bepaling

Routennummer	Wegvak		Kruispunt		Totaal	
E	53	8%	8	1%	61	4%
N	376	60%	400	38%	776	46%
R	53	8%	105	10%	158	9%
O	142	23%	536	51%	678	41%
Totaal	624		1049		1673	

3.2.4 Aantal wegcategorieën

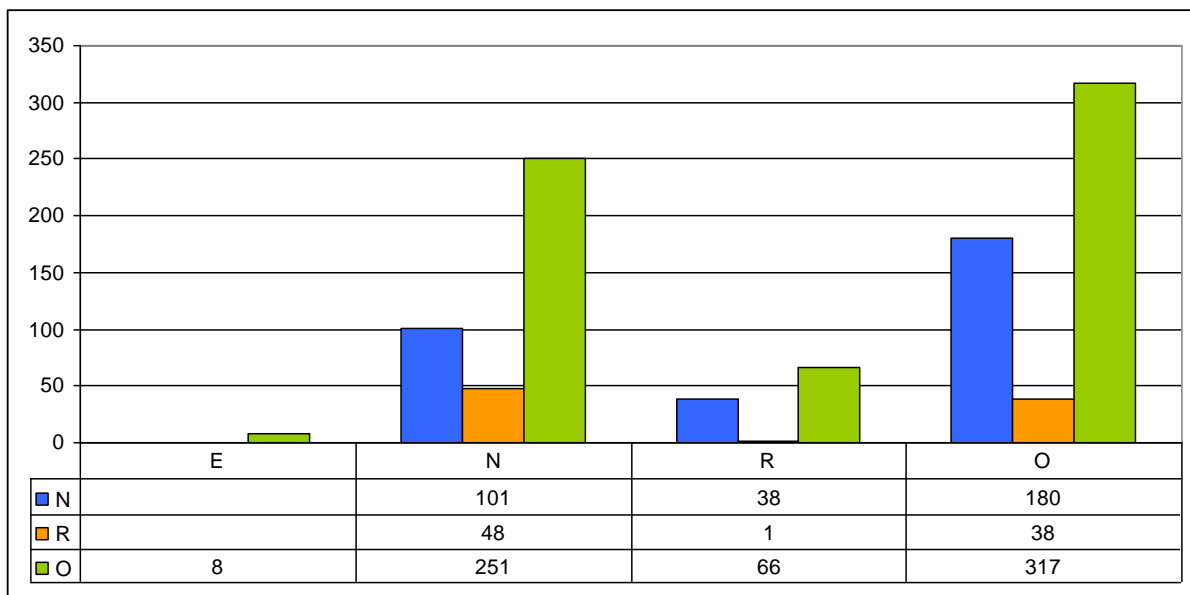
Door de informatie rondom het ongeval mee te nemen in de analyse, kunnen we ook kijken naar de wegcategorieën die voorkomen rondom het ongeval. Afhankelijk van de wijze waarop het wegennet indelen (volgens FRC of routenummers) vinden we verschillende percentages voor het aantal wegcategorieën binnen 5 meter van het ongeval (zie Tabel 10).

Tabel 10 Aantal wegcategorieën binnen 5 meter van het ongeval

Aantal wegcategorieën (FRC)	Totaal	Kruispunt	Wegvak	Binnen bebouwde kom	Buiten bebouwde kom
1	856	23%	98%	48%	53%
2	726	68%	2%	46%	42%
3	91	9%		6%	5%
Totaal	1673				

Als we specifiek naar de ongevallen op kruispunten kijken, dan zien we dat er vaker meerdere wegcategorieën rondom het ongeval te vinden zijn. Dit is op zich te verwachten omdat we kijken naar ongevallen op kruispunten en daar komen categorieën juist vaker samen. Tabel 10 laat ook zien dat tweederde van de ongevallen buiten de bebouwde kom plaatsvinden, maar dat het voorkomen van verschillende wegcategorieën binnen en buiten de bebouwde kom ongeveer hetzelfde is.

Figuur 10 geeft een overzicht van de locatie waar een kruispuntongeval plaatsvond (x-as) en de tweede categorie binnen 5 meter van het ongeval. Ongevallen op wegen met routenummer E (snelweg) vinden meestal plaats op de wegvakken. In 8 gevallen vond het ongeval plaats op de snelweg, binnen 5 meter van een 'overige' weg (O), in dit geval een op- of afrit. Verder valt in Figuur 10 op dat vooral N-wegen en overige wegen vaak de tweede wegcategorie zijn.



Figuur 10 Ongevallen op kruispunten: 1^{ste} (x-as) en 2^{de} (y-as) wegcategorie

Voorals de mate waarin N-wegen voorkomen als categorie van het ongeval zelf en als tweede wegcategorie is opvallend aangezien N-wegen zelf maar 13,9% van het wegennet uitmaken.

3.2.5 Ongevallen op kruispunten en wegvakken: aantal en ernst

Tabel 11 geeft een overzicht van de wegcategorieën rondom alle kruispunten in Hasselt en rondom de ongevallen verschillende kruispunttypen tussen 2003 en 2005 verdeeld naar aantal en ernst. Hierbij is onderscheid gemaakt naar de hoogste wegcategorie en de secundaire wegcategorie binnen 5 meter van het ongeval. Hierbij is geen rekening gehouden met de wegcategorie waaraan het ongeval is toegewezen.

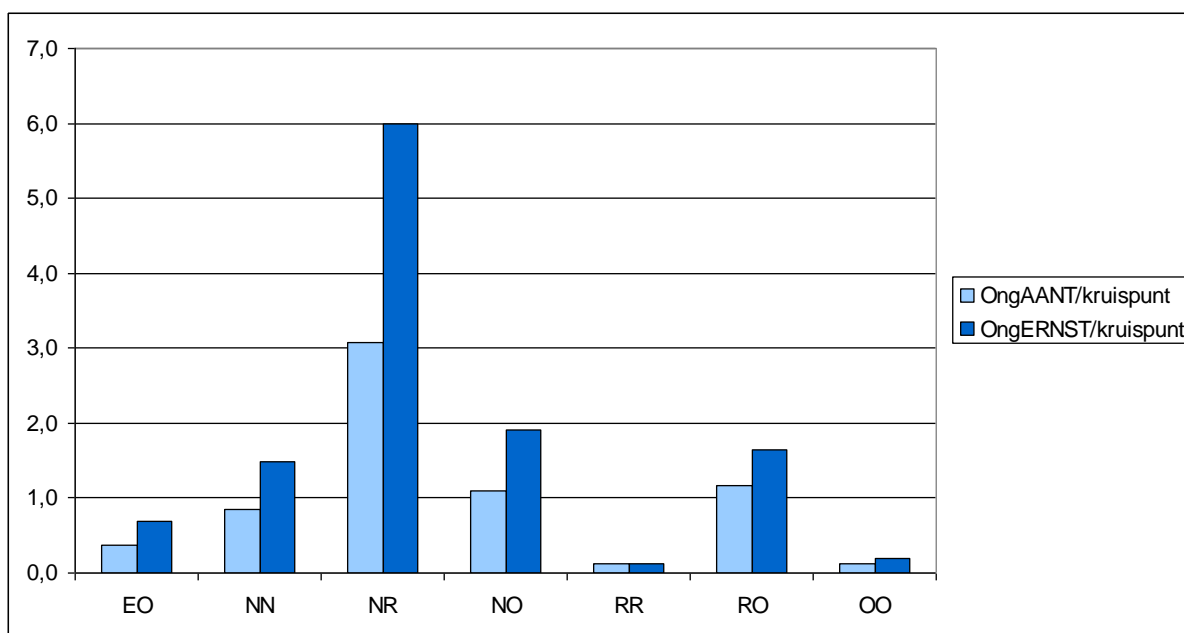
Tabel 11 Kruispunten en ongevallen verdeeld naar routenummers (2003-2005)

Wegcategorie		Kruispunten			OngAANT				OngERNST			
Hoogste	Sec.				OngAANT/ krspnt				OngERNST/krspnt			
E	O	22	1%	1%	8	1%	1%	0,4	15	1%	1%	0,7
N	N	119	4%	18%	101	10%	59%	0,8	177	10%	63%	1,5
	R	28	1%		86	8%		3,1	168	10%		6,0
	O	392	13%		431	41%		1,1	748	43%		1,9
R	R	8	0%	3%	1	0%	10%	0,1	1	0%	8%	0,1
	O	89	3%		104	10%		1,2	147	8%		1,7
O	O	2401	78%	78%	317	30%	30%	0,1	481	28%	28%	0,2
Totaal		3059		100%	1048		100%		1737		100%	
Gemiddelde								0,3				0,6

De kruispunten in Hasselt zijn bepaald met behulp van GIS. Het wegenbestand is eerst vereenvoudigd door het samenvoegen van de lijnstukken met eenzelfde routennummer (E, N, R, etc). Vervolgens is dit bestand gebruikt voor het maken van een netwerk waardoor zowel wegsegmenten als kruispunten (junctions) worden gegenereerd. Voordeel hiervan is dat er bij het bepalen van de kruispunten rekening wordt gehouden met de mogelijkheid om van de ene naar de andere wegcategorie te gaan. Aansluiten op de snelweg (E) is alleen mogelijk via een op- of afrit (O of overig), maar niet via een N-weg die de snelweg kruist. Het programma genereert ook een junction aan het einde van een wegsegment. Aangezien het hier niet om kruispunten gaat, zijn junctions met maar 1 wegsegment binnen een straal van 5 meter verwijderd uit het overzicht van kruispunten. Het aantal werkelijke kruispunten zal iets lager liggen dan in onderstaande tabel omdat het punt waar twee gescheiden rijstroken samenkomen tot één tweerichtingsweg ook als junction wordt geteld. Bij deze punten zijn de 1^{ste} en de 2^{de} wegcategorie hetzelfde. Uit analyse van de GIS data blijkt dat er 44 punten op N-wegen en 196 punten op overige wegen zijn waarbij de categorie hetzelfde is en twee eenrichtingswegen samenkomen op een tweerichtingsbaanvak. Het kan hier gaan om een rotonde, een eenrichtingswoonstraat, maar ook om de hierboven beschreven situaties waarbij formeel gezien wellicht geen sprake is van een kruispunt. Het aantal van dergelijke situaties heeft naar verwachting geen invloed op de uitkomst en een correctie is daarom niet uitgevoerd.

In Tabel 11 kunnen we zien dat bijna tweederde van het aantal ongevallen plaatsvindt op een kruispunt met een N-weg. Dit is aanzienlijk meer dan op grond van het voorkomen van kruispunten met N-wegen kan worden verwacht (18%). Bovendien kunnen we zien dat er ook meer ongevallen op kruispunten met R-wegen plaatsvinden dan de mate waarin ze voorkomen. Met name aansluitingen tussen een R- en een N-weg vallen hierbij op. Het rechterdeel van de tabel geeft de ernst van de ongevallen weer. Hiervoor hebben we de volgende gewichten gebruikt: aantal doden * 5 + aantal zwaargewonden * 3 + aantal licht gewonden * 1.

Figuur 11 laat zien dat op kruispunten tussen R- en N-wegen in verhouding meer ernstige ongevallen plaatsvinden dan op grond van voorkomen kan worden verwacht. De ernst van de ongevallen is hier 2 keer zo hoog als het aantal ongevallen. Kruisingen met overige wegen hebben een veel lagere score van ongeveer anderhalf.



Figuur 11 Ongeval/kruispunt naar aantal en ernst (2003-2005)

Tabel 12 geeft een overzicht van de ongevallen op wegvakken per 100 kilometer verdeeld naar aantal en naar ernst.

Tabel 12 Wegvakken en ongevallen verdeeld naar routenummers (2003-2005)

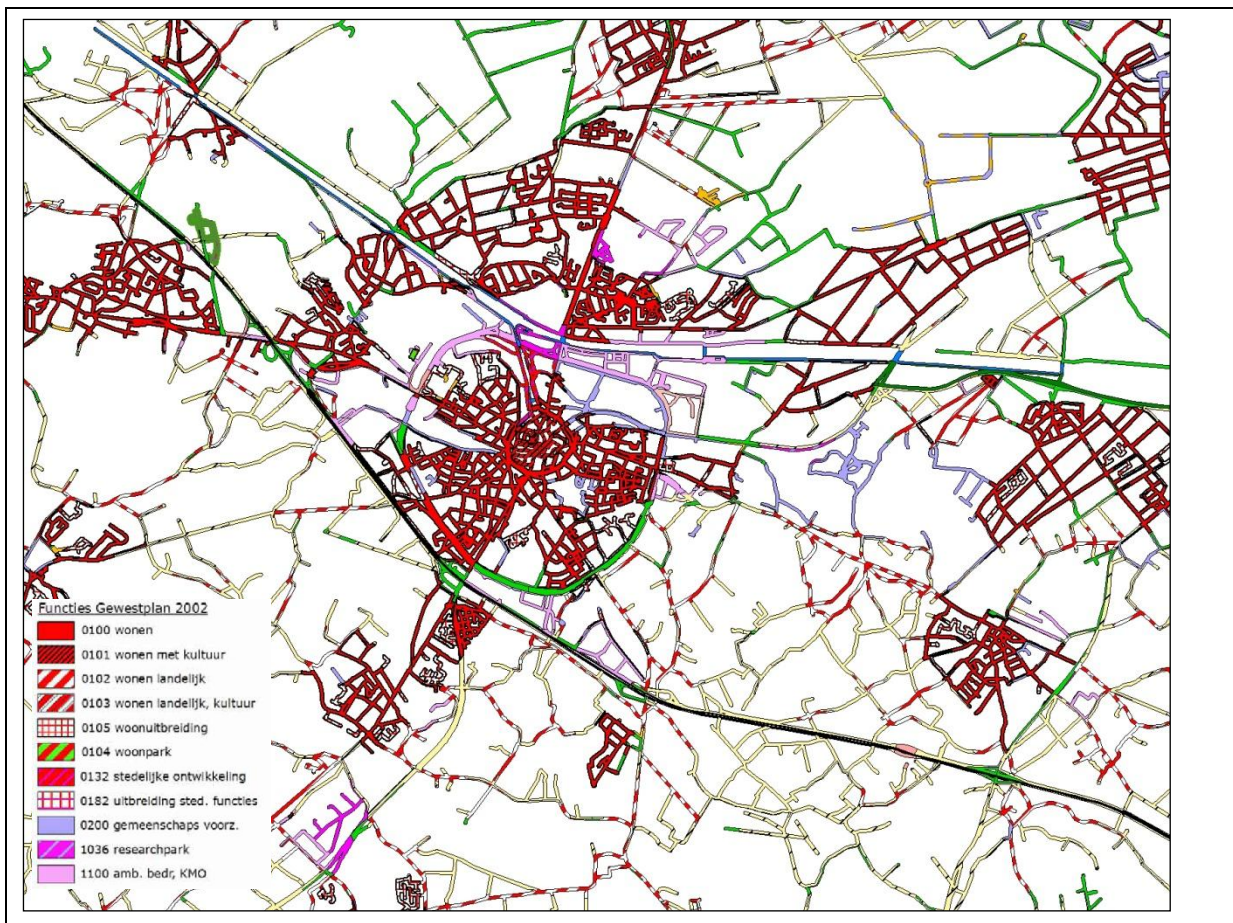
Weg-categorie	KmWeg-vak		AANT		OngAANT/wegvak	ERNST		OngERNST/wegvak	ERNST/AANT
E	38	4%	53	8%	139	101	9%	266	1,9
N	128	14%	376	60%	294	684	59%	534	1,8
R	23	2%	53	8%	230	97	8%	422	1,8
O	733	80%	142	23%	19	268	23%	37	1,9
Totaal	922		624			1150			
Gemiddelde					68			125	1,8

Als we deze tabel vergelijken met Tabel 7, dan valt onmiddellijk op dat het risico op wegvakken met een N- en een R-nummer lager is dan als we naar alle ongevallen kijken. Dat is ook logisch omdat het hier alleen maar gaat om de ongevallen die op wegvakken plaatsvonden. Het aandeel ongevallen op N-wegen is wel hoger als we kijken naar wegvakken (60%) dan naar alle ongevallen (46%). Dit komt overeen met Tabel 8.

3.3 Relatie met ruimtegebruik

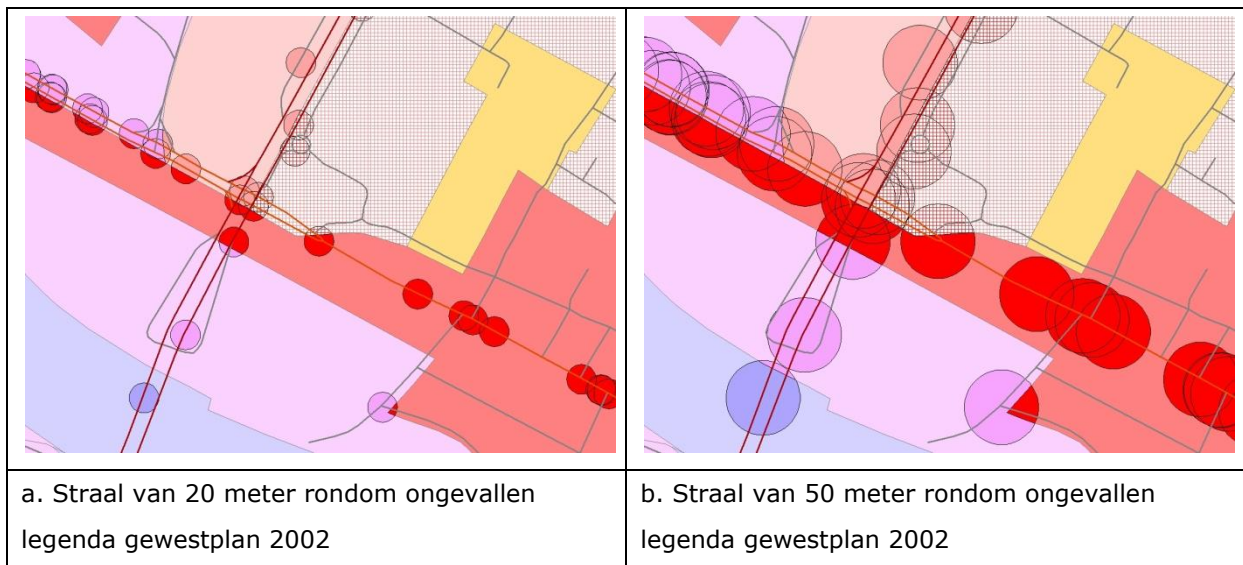
3.3.1 Ruimtegebruik

Figuur 12 laat het ruimtegebruik zien binnen een strook van 20 meter rondom het wegennet van onze casus Hasselt. Het ruimtegebruik is gebaseerd op de indeling van het gewestplan. We hebben hier gekozen voor 20 meter om er zeker van te zijn dat het ruimtegebruik aan beide zijden van de weg wordt meegenomen, ook bij bredere wegen, maar dat we ruimtegebruik dat te ver van de weg aflight niet in rekening nemen. De functies wonen, landelijk en wonen_landelijk komen het vaakst voor met respectievelijk 33,8%, 23,9% en 13,3%.



Figuur 12 Ruimtegebruik binnen 20m rondom het wegennet (Legenda gewestplan)

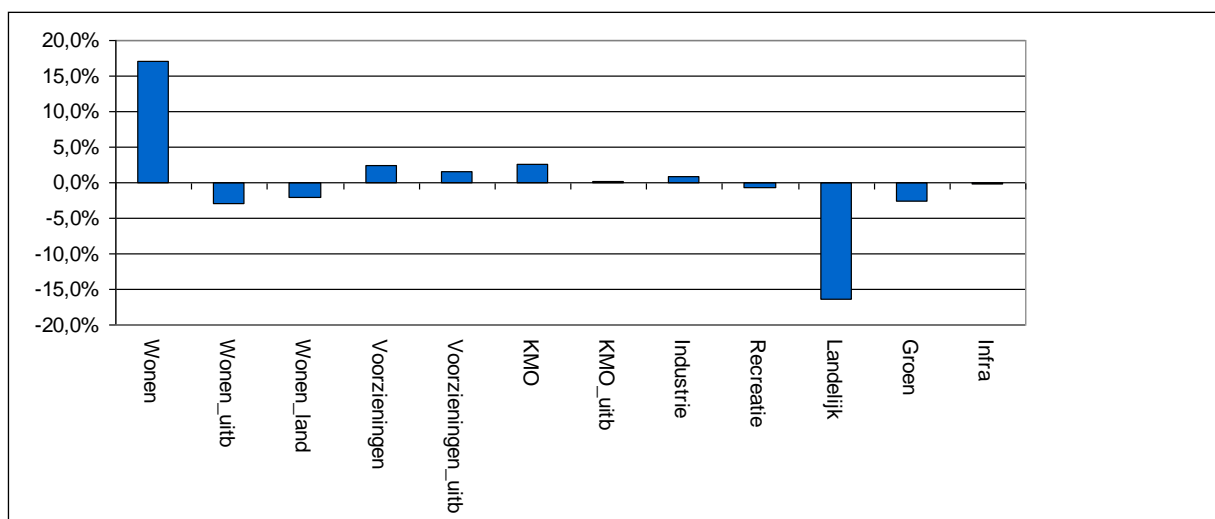
Rondom de ongevallen is eveneens het ruimtegebruik binnen een buffer van 20 meter bepaald. Door te werken met een straal van 20 meter wordt vooral relevante informatie over de directe omgeving van de weg meegenomen. Figuur 13 laat zien welke informatie wordt meegenomen bij 20 meter en 50 meter rondom het ongeval.



Figuur 13 Ruimtegebruik rondom ongevallen binnen 20 en 50 m

In principe geeft een straal van 20 meter voldoende informatie over het ruimtegebruik dat direct aan de weginfrastructuur grenst. In een aantal gevallen heeft de kleinere straal ook voordelen. Als we bijvoorbeeld naar de ventwegen kijken (boven in beeld), dan zijn we eigenlijk vooral geïnteresseerd in het ruimtegebruik direct rondom de ventweg en minder in het ruimtegebruik aan de andere kant van de hoofdrijbanen. Met een straal van 20 meter krijgen we informatie die hier beter aan voldoet. Een straal van meer dan 50 meter heeft als nadeel dat ook het ruimtegebruik 'achter' lintbebouwing wordt meegenomen terwijl het effect hiervan op het verkeer zeer gering zal zijn. In deze rapportage zijn we uitgegaan van een straal van 20 meter.

Voor alle ongevallen binnen ons studiegebied is het oppervlakte ruimtegebruik berekend. Hiervan is 50,9% woongebied, 7,6% landelijk en 11,3% wonen_landelijk. Het verschil tussen aandeel ruimtegebruik rondom de ongevallen en rondom het gehele wegennet is weergegeven in Figuur 14.



Figuur 14 Verschil in ruimtegebruik rondom ongevallen en het wegennet

Hierbij valt op dat rondom ongevallen de functie wonen ongeveer 15% vaker voorkomt dan op grond van verdeling rondom het wegennet kan worden verwacht, terwijl de

functie landelijk juist ongeveer 15% minder vaak voorkomt. Ook voorzieningen komen vaker voor dan op grond van voorkomen langs het wegennet verwacht kan worden.

3.3.2 Binnen of buiten de bebouwde kom

Net zoals bij de wegcategorieën, hebben we ook hier gekeken naar de mogelijke invloed van de locatie binnen of buiten de bebouwde kom op het aantal ongevallen (zie Tabel 13).

Tabel 13 Effect van bebouwde kom op ongevallen en ruimtegebruik (2003-2005)

Hoofdcode	Binnen bebouwde kom				Buiten bebouwde kom				Totaal			
	Aantal	Ernst	ernst/aant		Aantal	Ernst	ernst/aant		Aantal	Ernst	ernst/aant	
Groen	7	8	1,1	-0,3	111	207	1,9	0,0	118	215	1,8	0,1
Industrie	3	3	1,0	-	27	45	1,7	-0,2	30	48	1,6	-0,1
Infra	7	10	1,4	0,0	51	98	1,9	0,0	58	108	1,9	0,1
KMO	10	12	1,2	-0,2	116	204	1,8	-0,1	126	216	1,7	0,0
Landelijk	1	1	1,0	-	126	289	2,3	0,4	127	290	2,3	0,6
Recreatie	1	2	2,0	-	7	19	2,7	0,8	8	21	2,6	0,9
Voorzieningen	52	84	1,6	0,2	76	159	2,1	0,2	128	243	1,9	0,2
Wonen	463	635	1,4	0,0	391	704	1,8	-0,1	854	1339	1,6	-0,2
Wonen_land	6	8	1,3	-0,1	179	329	1,8	-0,1	185	337	1,8	0,1
Wonen_uitb	6	10	1,7	0,3	33	60	1,8	-0,1	39	70	1,8	0,1
Totaal	556	773			1117	2114			1673	2887		
Gemiddelde			1,4				1,9				1,7	

Voor elke functie is de verhouding tussen de ernst van de ongevallen en het totale aantal bepaald. Daarnaast is steeds het verschil met het gemiddelde berekend (rechter kolom) voor zowel binnen als buiten de bebouwde kom en het totaal aantal ongevallen. Een positief cijfer wil zeggen dat de ernst van de ongevallen hoger is dan gemiddeld. We hebben deze verhoudingen alleen berekend als er meer dan 3 ongevallen in drie jaar hebben plaatsgevonden. Binnen de bebouwde kom scoren voorzieningen en uitbreidingsgebied wonen (wonen_uitb) het slechtst. Buiten de bebouwde kom vallen de functies landelijk en recreatie op. Ook voorzieningen heeft een negatieve score. In het huidige voorbeeld zijn de verschillen tussen binnen en buiten de bebouwde kom erg klein. Deze oefening zou zeker herhaald kunnen worden op minder categorieën of met een groter aantal ongevallen.

De bebouwdekom-grens is vaak historisch bepaald en niet altijd meegegroeid met ruimtelijke ontwikkelingen. Hierdoor komt het voor dat weggedeeltes buiten de bebouwde kom liggen terwijl ze qua functioneren ook binnen de bebouwde kom hadden kunnen liggen. Een ander interessant aspect dat hierbij bekeken kan worden is of er meer ongevallen plaats vinden op locaties buiten de bebouwde kom, waar de functie wonen en voorzieningen veel voorkomen. Dit zou gecombineerd kunnen worden met bijvoorbeeld de huidige snelheidslimiet.

3.3.3 Ongevallen naar ruimtegebruik

De ongevallen van 2003-2005 zijn door middel van een spatial join (closest feature) gekoppeld aan het Gewestplan Vlaanderen. Voor elke functie is het aantal kilometer weg berekend. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat aan elke stuk weg de dichtstbijzijnde functie is gekoppeld. Het is dus goed mogelijk dat aan de overzijde van de weg een andere functie te vinden is. Daar is bij de berekening van het aantal kilometer weg langs een functie geen rekening mee gehouden, maar het zou indien gewenst wel nader onderzocht kunnen worden. Per ongeval is allereerst een koppeling gemaakt met de functie die het dichtst in de buurt ligt. Daarnaast is ook gekeken welke functies er binnen een straal van 5 meter rond het ongeval te vinden zijn.

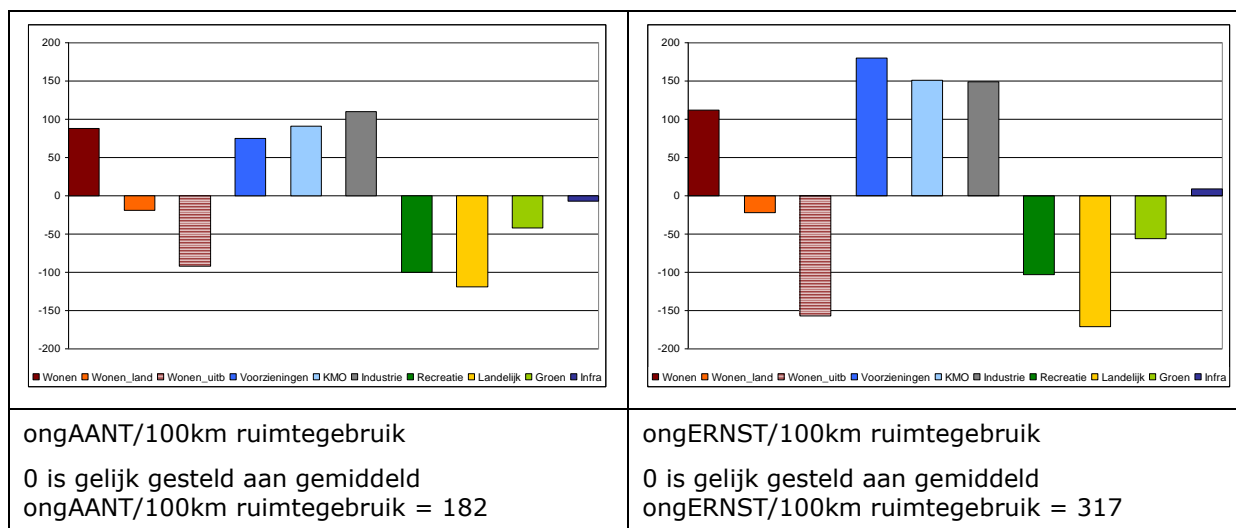
Tabel 14 laat de hoofdfuncties zien waarlangs ongevallen gevonden zijn en het aantal ongevallen per hoofdfunctie. Daarnaast is de lengte weg aangegeven met de hoofdfunctie en de totale lengte van het wegennet van onze casus.

Tabel 14 Aggregatie van functie Gewestplan

Hoofdcode	HC1	KM	Ong AANT	%	ongAANT/100kmHC	Verschil tov gem	Ong ERNST	%	ongERNST/100kmHC	Verschil tov gem
Wonen	0100	311	824	49,3%	270	88	1322	45,2%	429	112
	0101	6	30	1,8%			37	1,3%		
Wonen_land	0102	114	184	11,0%	162	-19	336	11,5%	295	-22
	0104	0	1	0,1%			1	0,0%		
Wonen_uitb	0105	44	39	2,3%	89	-92	70	2,4%	160	-157
Voorzieningen	0200	38	55	3,3%	257	75	117	4,0%	497	180
	0300	3	22	1,3%			49	1,7%		
	1014	3	7	0,4%			12	0,4%		
	0132	6	44	2,6%			70	2,4%		
KMO/bedrijven	1036	1	2	0,1%	273	91	2	0,1%	468	151
	1100	44	119	7,1%			204	7,0%		
	1181	1	5	0,3%			10	0,3%		
Industrie	1000	10	30	1,8%	291	110	48	1,6%	466	149
Recreatie	0400	1	1	0,1%	82	-100	11	0,4%	215	-103
	0401	4	4	0,2%			6	0,2%		
	0412	5	3	0,2%			4	0,1%		
Landelijk	0900	135	69	4,1%	63	-119	181	6,2%	146	-171
	0901	66	58	3,5%			114	3,9%		
Groen	0500	19	19	1,1%	140	-42	33	1,1%	261	-56
	0600	27	56	3,3%			98	3,4%		
	0700	3	8	0,5%			19	0,7%		
	0701	28	26	1,6%			57	2,0%		
	0800	8	8	0,5%			12	0,4%		
	1400	0	1	0,1%			1	0,0%		
Infra	1500	23	50	3,0%	175	-7	98	3,4%	326	9
	1504	10	8	0,5%			10	0,3%		
Totaal of gemiddeld		921	1673	100%	182		2922	100%	317	

Merk op dat de totale lengte van het wegennet iets hoger is dan de som van de kilometers omdat er een paar functies zijn waarlangs geen ongevallen hebben plaatsgevonden, bijvoorbeeld code 0130 - pleisterplaats voor nomaden of woonwagenbewoners. De rechterhelft van de tabel geeft de ernst van de ongevallen weer. Hiervoor hebben we de volgende gewichten gebruikt: aantal doden * 5 + aantal zwaargewonden * 3 + aantal licht gewonden * 1.

Figuur 15 toont de ongevallen gerelateerd aan de lengte weg in een bepaald ruimtegebruik. Hieruit blijkt dat vooral het ruimtegebruik 'wonen', 'voorzieningen', 'KMO' en 'industrie' een hoge ongevalsscore per 100 km weg hebben. Als we de ernst van de ongevallen meenemen, dan blijkt dat vooral in gebieden met 'voorzieningen' meer ernstige ongevallen plaatsvinden dan langs wegen met andere functies.

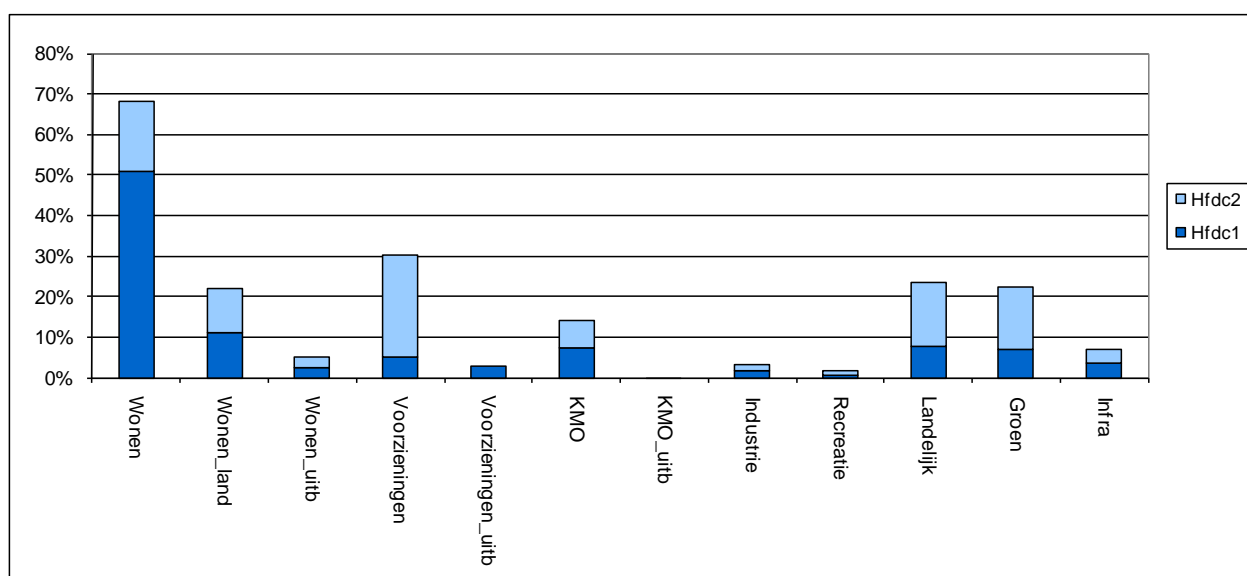


Figuur 15 Ongevallen per 100 km ruimtegebruik

Het verschil tussen ruimtegebruik binnen 20 meter rondom een ongeval en het ruimtegebruik op de plek van het ongeval (Figuur 14) kan worden veroorzaakt door het feit dat de functie wonen blijkbaar vaak voorkomt in de nabijheid van ander functies. Dus hoewel het ongeval is gelokaliseerd op een weg die direct grenst aan bijvoorbeeld een voorziening, is het goed mogelijk dat er binnen 20 meter aan dezelfde of aan de overkant van de weg de functie wonen voorkomt. Door het ruimtegebruik rondom een ongeval ruimer te benaderen wordt het effect van lokalisatiefouten kleiner gemaakt.

3.3.4 Ruimtegebruik combinaties

In veel gevallen is het ruimtegebruik aan weerszijden van de weg niet hetzelfde. Door het koppelen op basis van 'closest feature' zoals is getoond in de vorige paragraaf kon er maar 1 soort ruimtegebruik per weggedeelte worden toegekend. Daarom is de eerste methode gecombineerd met een tweede methode waarbij wordt gekeken naar het ruimtegebruik in een zone van 20 meter rondom het wegennet en rondom de ongevallen. Figuur 16 laat het ruimtegebruik zien dat direct langs het ongeval wordt aangetroffen (Hfdc1) en het ruimtegebruik binnen 20 meter (Hfdc2).

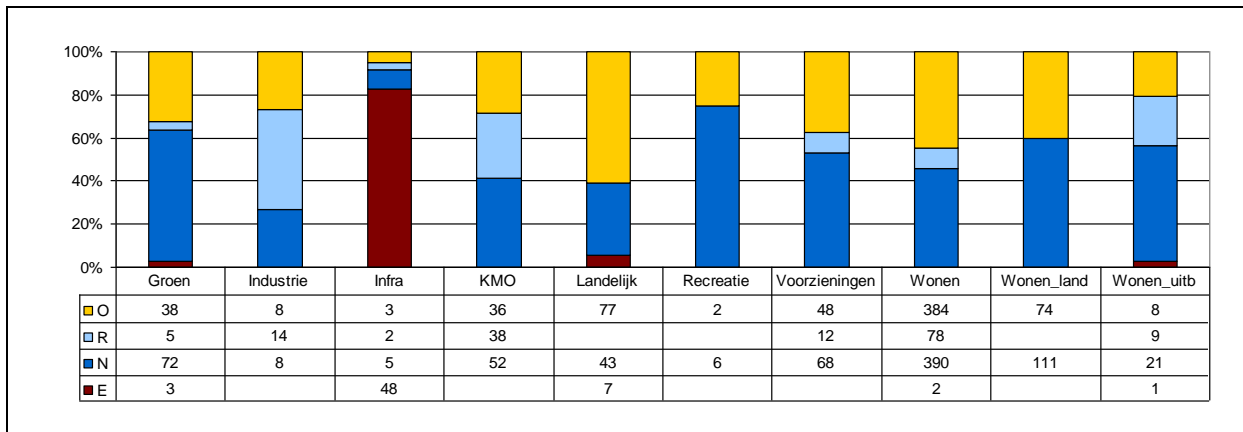


Figuur 16 Verschillende vormen van ruimtegebruik rondom ongevallen

Bij 45% van de ongevallen zijn er binnen 20 meter meerdere functies te vinden. Slechts in 8% gaat het om meer dan 3 verschillende functies. Voorzieningen, Groen en Landelijk komen in meer dan de helft van de gevallen voor in combinatie met een andere functie.

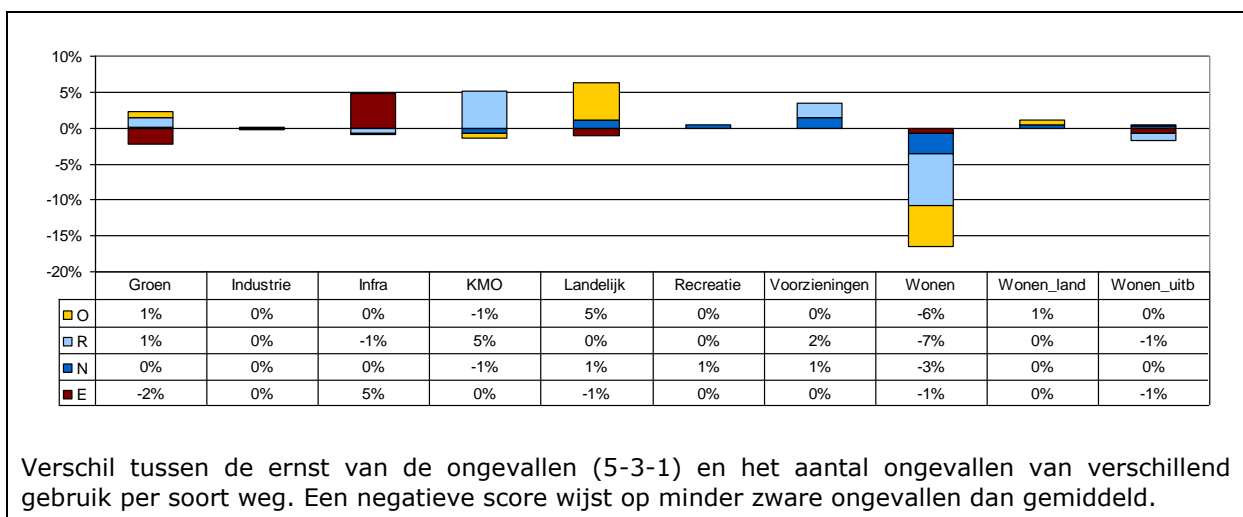
3.3.5 Ruimtegebruik in combinatie met soort weg

Figuur 17 toont het ruimtegebruik naar soort weg op basis van routenummers. De meeste ongevallen vinden plaats op N-wegen en overige wegen (O). Bij bijna alle soorten ruimtegebruik (behalve landelijk) vindt meer dan de helft van de ongevallen plaats op hoofdwegen zoals snelweg (E), N- of R-wegen.



Figuur 17 Ongevallen naar ruimtegebruik en soort weg (routennummer)

Figuur 18 laat het verschil zien tussen de ernst van de ongevallen (volgens de 5-3-1 regel) en het aantal ongevallen per wegcategorie. Hierbij valt op dat bij ruimtegebruik wonen minder ernstige ongevallen plaatsvinden, terwijl ongevallen in de nabijheid van het ruimtegebruik 'landelijk', 'KMO' en 'infra' juist hoger scoren wat ernst betreft. Ook 'voorzieningen' scoort hoger, maar alleen op N- en R-wegen. Voorzieningen langs overige wegen score wat ernst betreft gelijk.

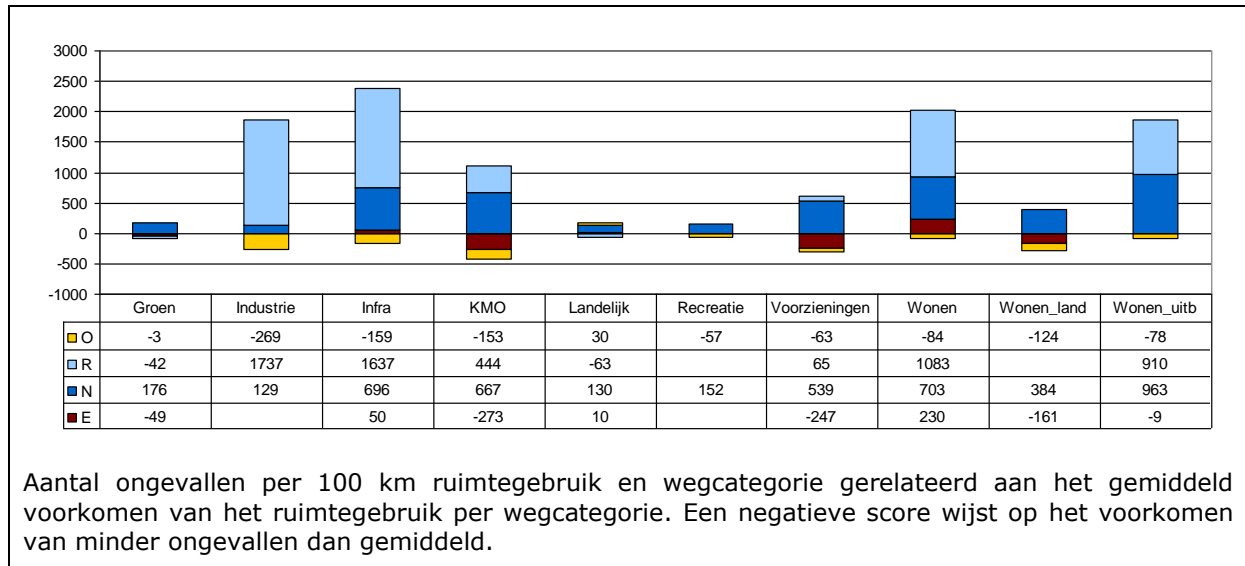


Verskil tussen de ernst van de ongevallen (5-3-1) en het aantal ongevallen van verschillend gebruik per soort weg. Een negatieve score wijst op minder zware ongevallen dan gemiddeld.

Figuur 18 Verschil tussen aantal ongevallen en de ernst

Figuur 19 geeft een verdeling van de ongevallen in de buurt van een bepaald ruimtegebruik per soort weg en ten opzichte van het gemiddelde per ruimtegebruik. Als we kijken naar de verschillende functies, dan zien we dat vooral de R- en N-wegen het

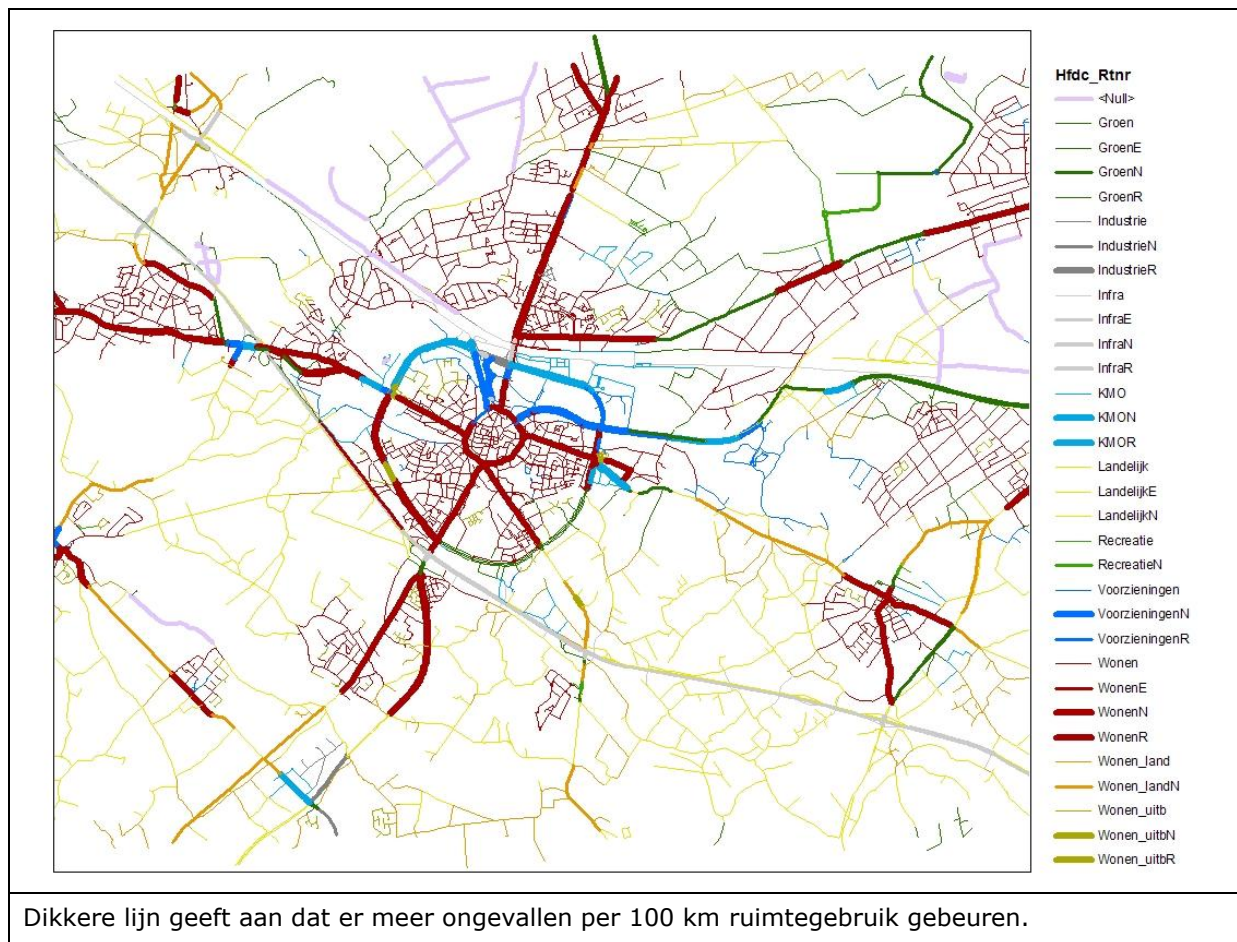
gevaarlijkst zijn en dat de overige wegen (O) over het algemeen beter scoren. Ook kunnen we zien dat ruimtegebruik langs een E-weg (over het algemeen een snelweg) beter scoort dan langs overige wegen. Meestal is er geen direct verband tussen het ruimtegebruik langs een snelweg en de ongevallen omdat er geen directe aansluitingen zijn van bijvoorbeeld erven. Een eventueel verband tussen ruimtegebruik en ongevallen op een snelweg zou veroorzaakt kunnen worden door de aanwezigheid van bepaalde soorten verkeer (bijvoorbeeld bij industrie) of meer op- en afritten (bijvoorbeeld in de buurt van woon- en voorzieningsgebieden).



Aantal ongevallen per 100 km ruimtegebruik en wegcatgorie gerelateerd aan het gemiddeld voorkomen van het ruimtegebruik per wegcatgorie. Een negatieve score wijst op het voorkomen van minder ongevallen dan gemiddeld.

Figuur 19 Ongev. per 100km (ruimtegebruik en wegcatgorie tov landelijk gem.)

Figuur 20 laat het verschil zien in aantal ongevallen per 100km ruimtegebruik per wegcatgorie (routenummers) ten opzichte van het gemiddelde gecombineerd met wegcatgorie. In feite is dit dezelfde informatie die is weergegeven in Figuur 19, maar dan geprojecteerd op de kaart van ons studiegebied. De dikte van de lijn geeft de intensiteit van de ongevallen per kilometer weer, terwijl de kleur informatie geeft over de hoofdcode volgens het gewestplan.



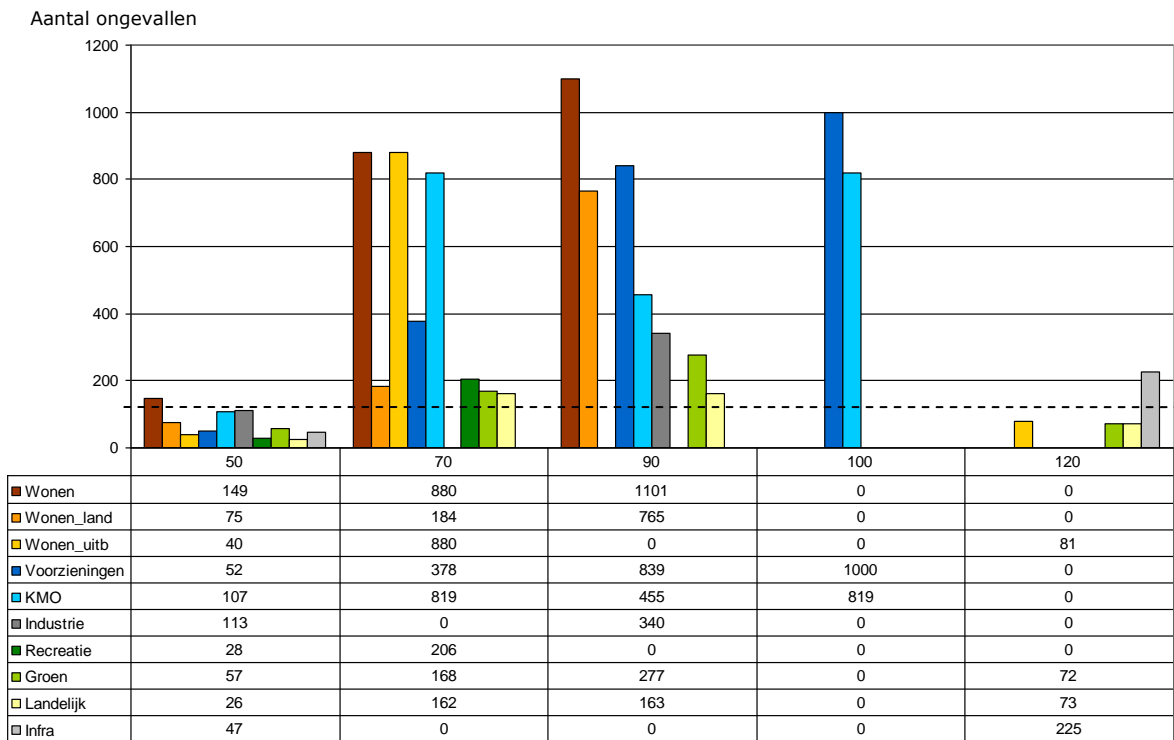
Figuur 20 Ongevallen per 100 km ruimtegebruik ten opzichte van gemiddelde

Deze kaart geeft niet exact aan waar de ongevallen plaatsvinden, maar geeft wel weer welke combinaties van ruimtegebruik en wegtype potentieel gevaarlijk zijn. Deze informatie kan worden gecombineerd met informatie over bijvoorbeeld kruispunten tussen bepaalde categorieën waar meer ongevallen per kruispunt soort voorkomen.

3.3.6 Het effect van snelheid

Het is ook mogelijk om een koppeling te maken met de maximum snelheid die op de wegsegmenten van toepassing is. Figuur 21 laat het aantal ongevallen per 100 kilometer ruimtegebruik per snelheidsklasse zien. Hierbij zijn alleen stukken weglengte met ruimtegebruik en snelheidskenmerken meegenomen van meer dan 1000 meter. Als we ook korte wegvakken met gelijk ruimtegebruik en snelheidskenmerken meenemen in de analyse, dan heeft dat een duidelijk effect op het ruimtegebruik rondom 100 en 120 km/h wegen doordat de functie 'wonen' ineens een grote invloed heeft. Dit kan waarschijnlijk worden verklaard door het feit dat er in de buurt van op- en afritten vaak woningen langs het onderliggende wegennet staan.

Het gemiddeld aantal ongevallen per 100 km weg is 181 (weergegeven met een stippellijn). Wegen met een maximum snelheid van 50 kilometer per uur scoren beduidend beter dan wegen met hogere snelheidsklasse. Vooral wonen en voorzieningen springen hierbij in het oog met een hoog aantal ongevallen per 100 kilometer weg.



minstens 1000 meter weglengte per soort ruimtegebruik per snelheidsklasse

Figuur 21 Effect van snelheid op aantal ongevallen per 100km ruimtegebruik

3.4 Conclusie

In dit hoofdstuk hebben we allereerst gekeken naar de relatie tussen ongevallen (aantal en ernst) en een aantal kenmerken van het wegennet. Hierbij hebben we ons vooral gericht op verschillen tussen wegencategorieën en de locatie (binnen of buiten de bebouwde kom). Uit deze oefening kunnen we een aantal voorzichtige conclusies trekken die op basis van recentere en uitgebreidere data geverifieerd zouden moeten worden. Over het algemeen kunnen we zeggen dat de ernstigste ongevallen plaatsvinden op wegen waar harder gereden mag worden. Dit effect zien we terug als we kijken naar het type (N-wegen en R-wegen zijn het gevaarlijkst) weg alsook naar de locatie (buiten de bebouwde kom is het gevaarlijkst). Dit is op zich logisch omdat snelheid een grote invloed heeft op de ernst van het letsel op het moment dat er een ongeval plaatsvindt. Als we specifiek kijken naar ongevallen op kruispunten dan springen de N-wegen eruit, zowel in aantal als in ernst. Kruispunten van overige wegen met andere overige wegen zijn veel veiliger dan kruispunten van overige wegen met N- en R-wegen. Dit is zowel terug te vinden in het aantal ongevallen per kruispunt als in de ernst.

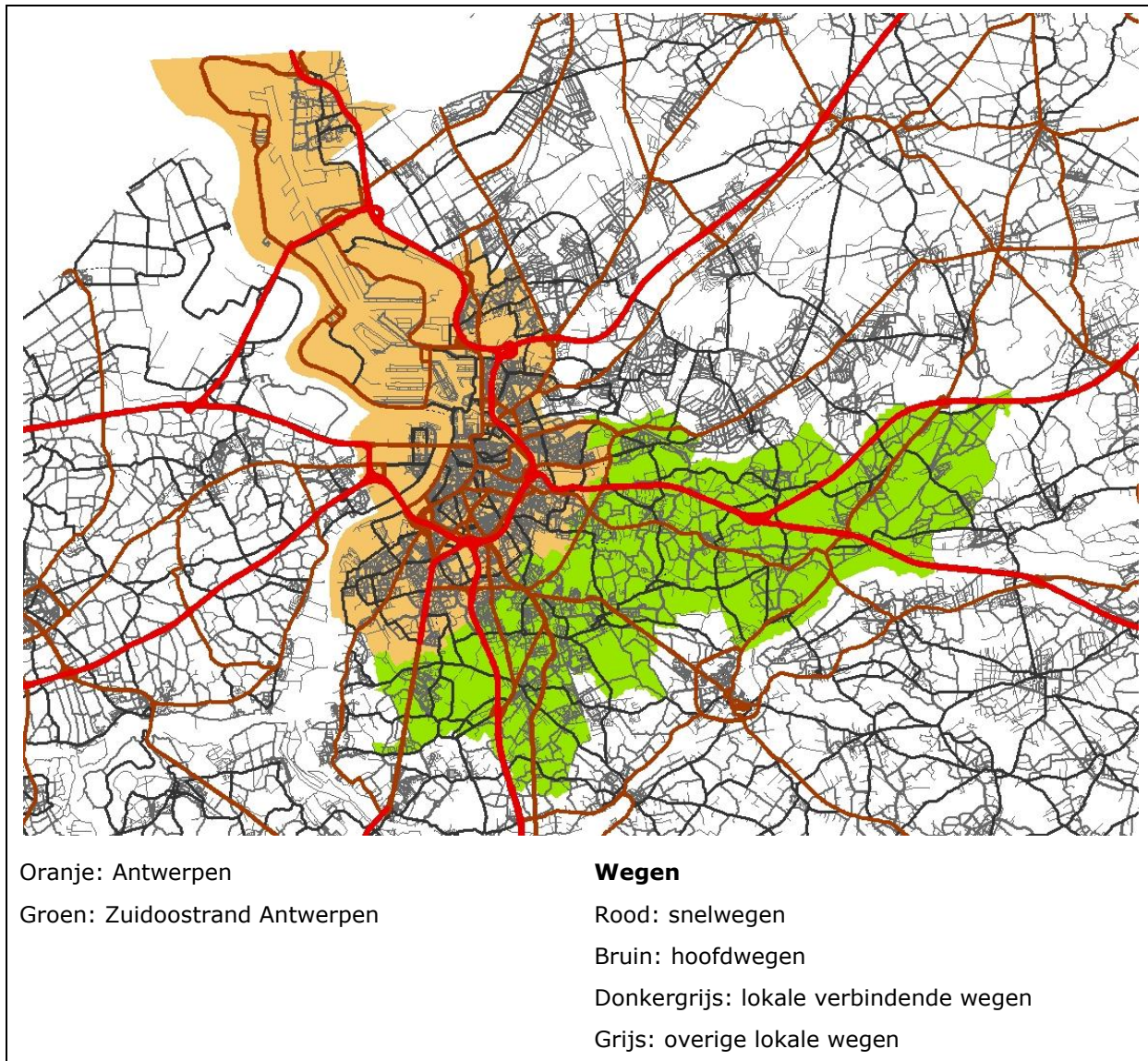
In het tweede deel van dit hoofdstuk hebben we de relatie met ruimtegebruik onderzocht door gebruik te maken van het gewestplan. Op basis van deze informatie kunnen we allereerst concluderen dat de functie 'wonen' vaker voorkomt rondom ongevallen dan op grond van voorkomen van dit ruimtegebruik verwacht kan worden. Voor 'landelijk gebied' geldt het omgekeerde. De invloed van de bebouwde kom lijkt op het eerste gezicht beperkt. Wel zien we dat er meer ongevallen plaatsvinden in de nabijheid van de functies die mensen aantrekken zoals 'wonen', 'voorzieningen' en werkgelegenheid, ook als dit gecontroleerd is naar voorkomen van deze functies. Ongevallen in de buurt van 'voorzieningen' en 'bedrijven' zijn over het algemeen ernstiger. In woongebieden gebeuren weliswaar relatief veel ongevallen, maar de ernst is over het algemeen minder. Als we kijken naar de wegen waarop de ongevallen voorkomen, dan zien we inderdaad een verband tussen de ernst van de ongevallen in de nabijheid van een bepaalde functie en de wegencategorie. In de buurt van bijvoorbeeld voorzieningen langs wegen met een hogere categorisering (N- en R- wegen) komen beduidend meer ernstige ongevallen voor dan langs de lagere categorieën.

In deze studie hebben we niet gekeken naar het effect van overgangen in ruimtegebruik. Steenberghen et al (2004) heeft laten zien dat er vaak meer ongevallen worden waargenomen in de overgangszone van het ene naar het andere ruimtegebruik. Dit zou veroorzaakt kunnen worden door het veelvuldig wisselen van omgeving tijdens een verplaatsing waardoor de rijstijl ook steeds moet worden aangepast. Steenberghen et al (2010) en Okabe et al (2009) geven aan dat de keuze van de bufferafstand waarschijnlijk ook afhangt van het type netwerk en de connectiviteit van het netwerk. In deze studie is daar verder niet op ingegaan. Voor het bepalen van de locatie van een ongeval zijn we in deze studie uitgegaan van een vaste zoekcirkel rondom het ongeval. Onderzoek van Steenberghen et al (2010) en Okabe et al (2009) geeft aan dat de keuze van de bufferafstand waarschijnlijk ook afhangt van het type netwerk en de connectiviteit van het netwerk. In deze studie is daar verder niet op ingegaan, maar het zou zeker interessant zijn hier in vervolgonderzoek aandacht aan te besteden. Daarin zou ook naar andere relaties kunnen worden gekeken, bijvoorbeeld de invloed van maximum snelheid en gereden snelheid (volgens de politiegegevens). Onderzoek van Steenberghen et al (2004) naar de impact van verkeersveiligheidsmaatregelen laat zien dat de hoeveelheid verkeer mogelijk een van de belangrijkste factoren is bij een daling van ongevallen. De invloed van intensiteiten op de uitkomsten zou daarom zeker in vervolgonderzoek onderzocht kunnen worden.

4. VERPLAATSINGEN

4.1 Data

In het tweede deel van dit onderzoek hebben we gekeken naar de werkelijk gemaakte verplaatsingen van 162 personen. Als onderzoeksgebied voor dit deel van de studie is gekozen voor de Zuidrand van Antwerpen en Antwerpen zelf (Figuur 22). Dit gebied kenmerkt zich door een groot stedelijk gebied met veel interne verplaatsingen terwijl er tegelijkertijd ook veel doorgaand verkeer is. Vanwege de hoge verkeersdruk is er ook sprake van sluipverkeer (Arckus 2007) wat effect heeft op de verkeersveiligheid.



Figuur 22 Onderzoeksgebied: Zuidostrand Antwerpen + Antwerpen

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van GPS-gegevens en verplaatsingsdagboekjes die zijn verzameld in het kader van het Strategisch Basis Onderzoek dat is uitgevoerd door IMOB (Kochan, Bellemans et al. 2006; Kochan, Bellemans et al. 2008). In 2007 en 2008 hebben 2.500 Vlaamse huishoudens meegedaan aan een verplaatsingsgedragonderzoek. Ongeveer de helft van de huishoudens heeft gedurende

een week de verplaatsingen geregistreerd met een GPS en in een elektronisch dagboek informatie ingegeven over de activiteit, de gebruikte vervoermiddelen, de geschatte duur van de verplaatsingen en de wachttijden (Bellemans, Kochan et al. 2008; Kochan, Bellemans et al. 2010). De andere helft van de deelnemers heeft informatie over de verplaatsingen ingegeven in een papieren dagboekje. Voor dit onderzoek maken we gebruik van de GPS gegevens en de informatie uit de digitale dagboekjes.

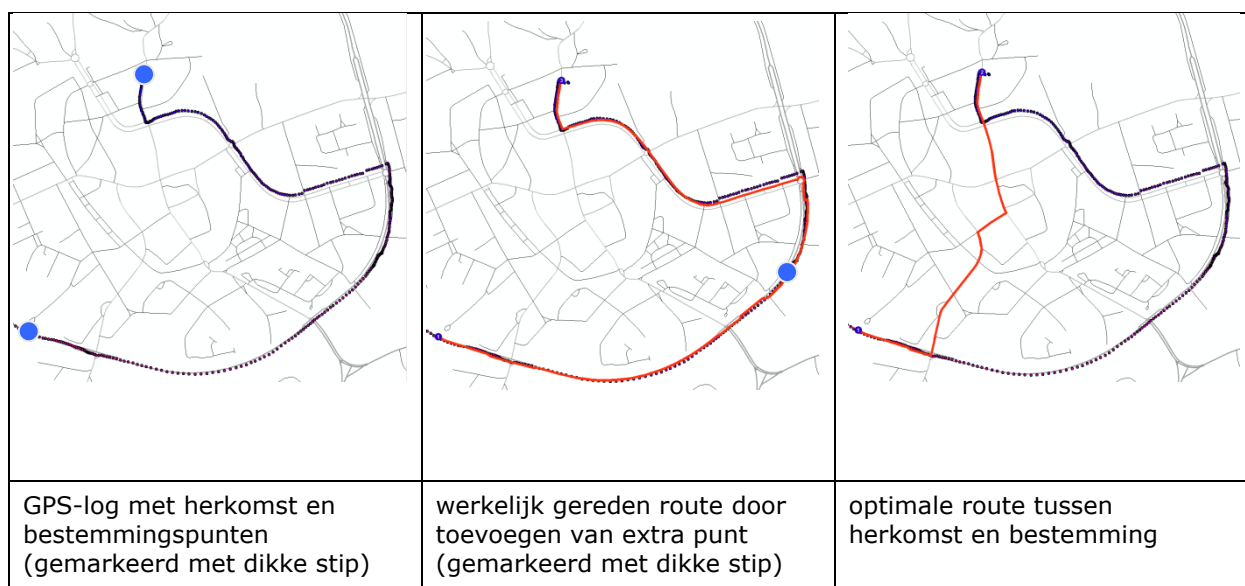
4.1.1 Selectie van verplaatsingen en trips

Voor deze studie hebben we alle verplaatsingen geselecteerd die geheel of gedeeltelijk binnen het onderzoeksgebied vallen (Antwerpen en de Zuidostrand van Antwerpen). Dat betekent concreet dat we de GPS-logs hebben geselecteerd van 162 personen. Deze GPS-logs zijn opgedeeld in trips. De opdeling in trips is uitgevoerd door een automatische detectie waarbij een nieuwe trip wordt aangemaakt als er langer dan een aantal seconden geen beweging is.

In totaal hebben deze 162 personen samen ongeveer 1100 trips gemaakt die geheel of gedeeltelijk in het onderzoeksgebied vallen. Het totaal aantal gemaakte trips door deze personen is groter omdat we niet van alle personen alle trips hebben bekeken aangezien we ons hebben beperkt tot trips **in** of **door** ons onderzoeksgebied. In het kader van dit onderzoek zijn we vooral geïnteresseerd in verplaatsingen over het wegennet en de keuze die mensen zelf maken. Verplaatsingen per openbaar vervoer zijn daarom niet meegenomen. Dit betekent dat ongeveer 1000 trips met verplaatsingen over de weg zijn bekeken. Het werkelijk aantal gemaakte trips per persoon is veel groter omdat er ook trips buiten het onderzoeksgebied vallen.

4.1.2 Werkelijk gereden en optimale route

De GPS data wordt geleverd in de vorm van een database met informatie over: tijd, latitude, longitude, datum, snelheid en hoogte. Voor elke trip hebben we een shapefile gecreëerd die de werkelijk gereden route weergeeft. Daarnaast hebben we steeds de optimale route bepaald. De optimale route is louter bepaald op basis van tijd en geeft dus de snelste route weer. Hierbij wordt rekening gehouden met de af te leggen afstand en de gemiddelde snelheid op elk wegsegment. Figuur 23 geeft een voorbeeld van de GPS-log (links), de shapefile met de werkelijk gereden route (midden) en de optimale route (rechts). In dit geval is de optimale route veel korter dan de werkelijk gereden route.



Figuur 23 Van GPS-log naar shapefile

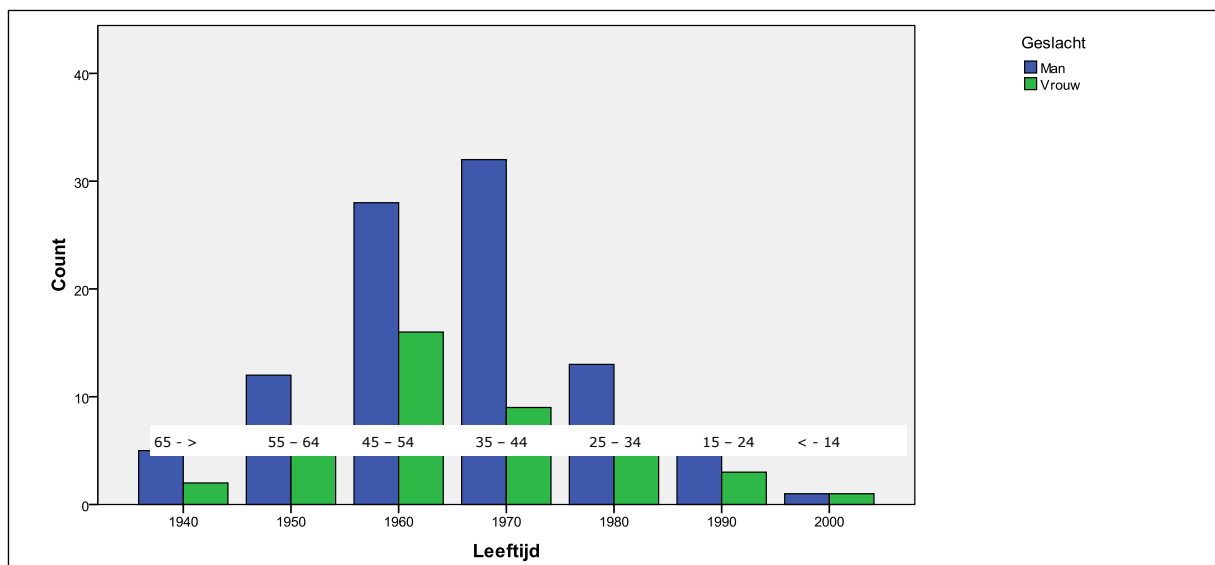
4.1.3 Persoonskenmerken en activiteiten

Van iedere persoon die heeft meegedaan aan het verplaatsingsgedragonderzoek zijn ook persoonsgegevens verzameld. Deze gegevens kunnen worden gecombineerd met de verplaatsingsgegevens en ook met de locatie waar iemand langs is gereden. Hierdoor is van elke verplaatsing ook informatie beschikbaar over: geslacht, geboortjaar, gezinssituatie (getrouwd, samenwonend, gescheiden, alleenstaand, ...), opleidingsniveau, werksituatie (type werk, tijdstippen, inkomen, ...) en mobiliteitsgedrag (voertuigbezit, meest gebruikte vervoersmiddelen, ...).

In de dagboekjes zijn de activiteiten geregistreerd waardoor we een koppeling kunnen maken tussen de werkelijk gereden route en de reden van de die verplaatsing.

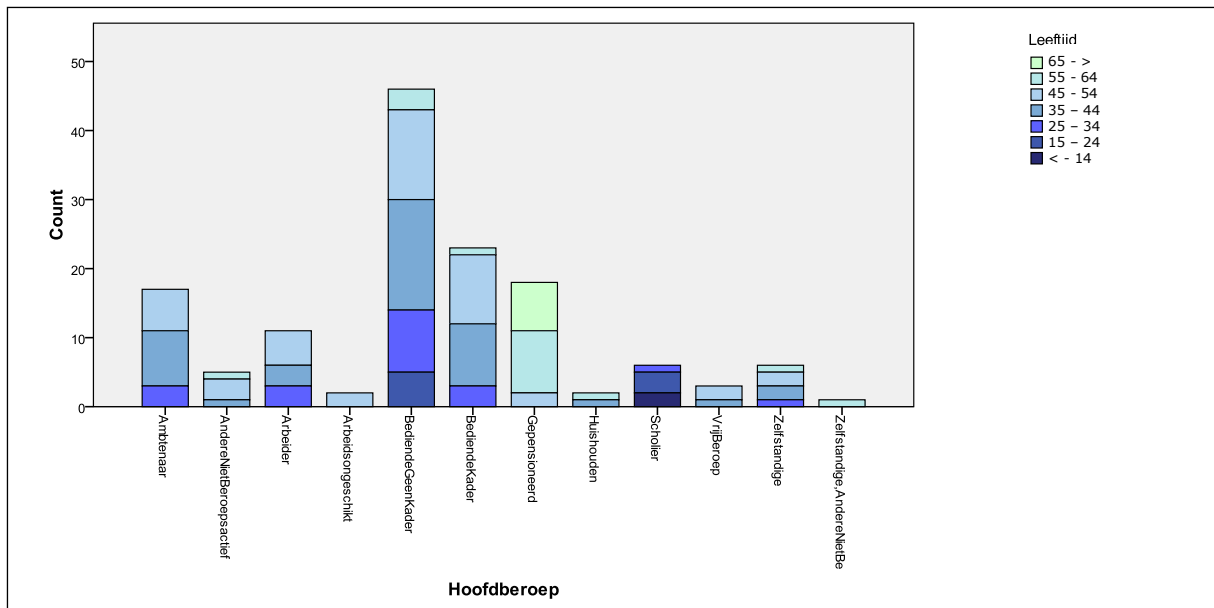
4.2 Persoonlijke kenmerken

Van de 162 personen die een verplaatsing in of door het onderzoeksgebied hebben gemaakt, hebben we van 145 personen gegevens over persoonskenmerken. Hiervan zijn 98 man, 44 vrouw en van 3 personen is het geslacht niet ingevuld. De meeste personen zijn geboren tussen 1950 - 1960 en 1960 - 1970 en zijn op het moment van het onderzoek tussen de 30 en de 50 jaar (zie Figuur 24).



Figuur 24 Leeftijd en geslacht

Figuur 25 geeft een overzicht van het hoofdberoep en de leeftijd en laat zien dat het merendeel van de personen die door ons onderzoeksgebied kwamen werkt en een baan heeft als bediende (al dan niet kader).

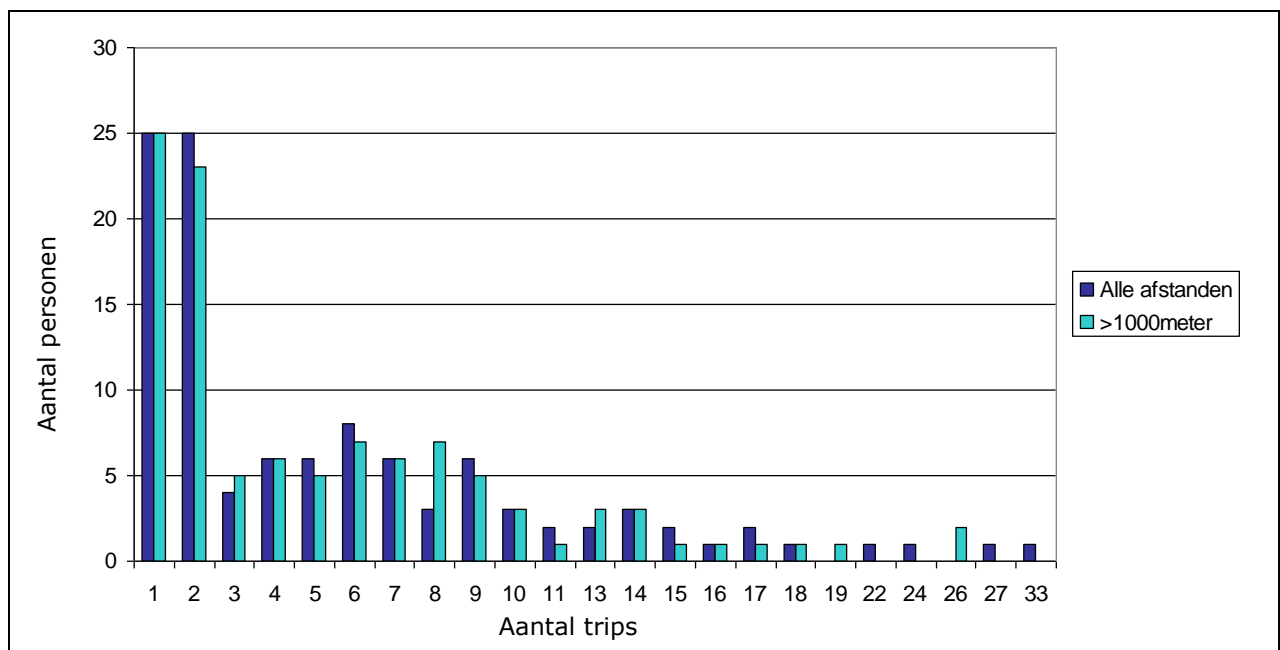


Figuur 25 Beroep en leeftijd

4.3 Kenmerken van verplaatsingen

4.3.1 Aantal trips

Figuur 26 laat zien dat het aantal trips binnen het onderzoeksgebied per persoon varieert van 1 per persoon (bij bijna 25 personen) tot 33 trips per persoon (bij een persoon). Het gemiddeld aantal trips binnen het onderzoeksgebied per persoon is 6,5. Aangezien we hier niet naar alle trips per persoon kijken, maar alleen naar trips binnen het onderzoeksgebied, kan deze informatie niet worden gebruikt voor algemenere uitspraken over het totale aantal trips per persoon.



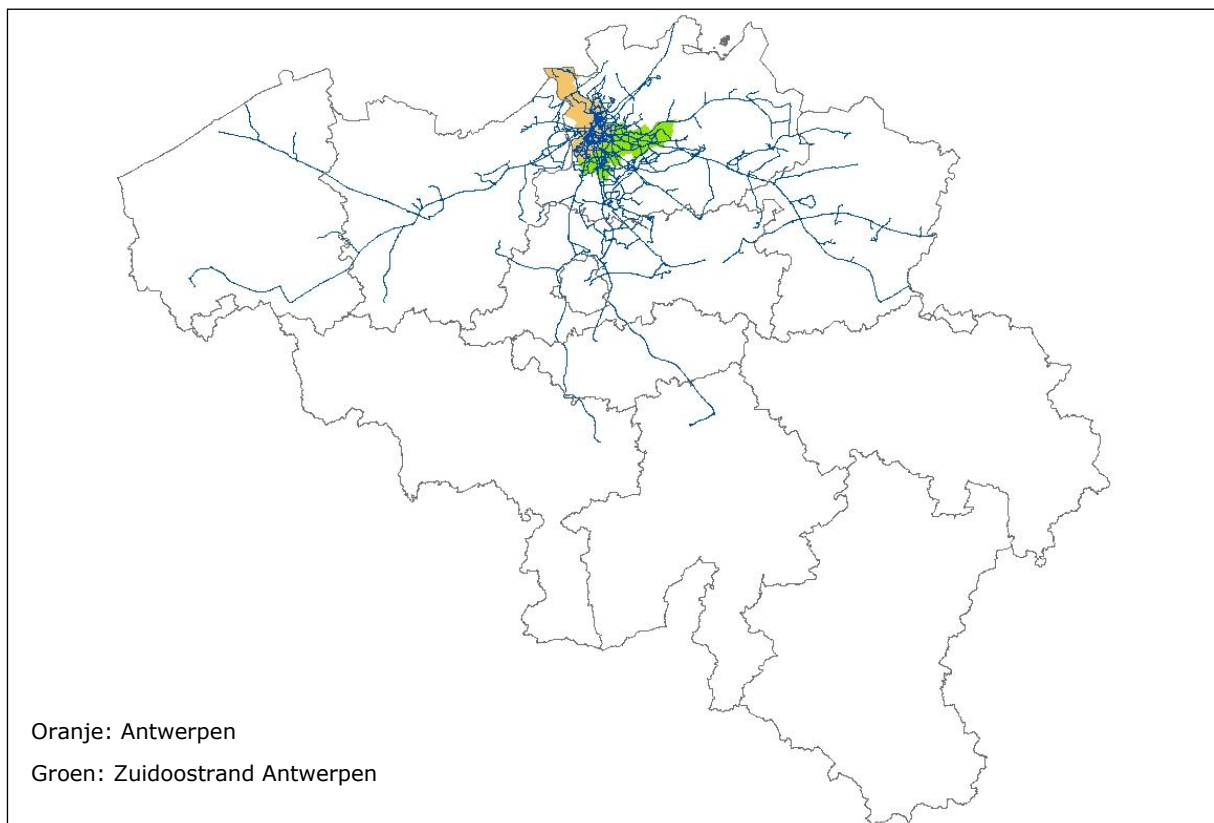
Figuur 26 Aantal trips binnen het onderzoeksgebied per persoon (obv 633 trips)

Doordat met tripdetectie is gewerkt kan een vertekening optreden wat het aantal korte trips betreft. Op het moment dat er gedurende een bepaalde tijd geen beweging is gedetecteerd, wordt de voorgaande trip 'afgesloten' en wordt op moment van beweging een nieuwe trip benoemd. Op filegevoelige trajecten levert dit problemen op omdat delen van een GPS-log ten onrechte als aparte trip worden gezien. Als we corrigeren voor trips korter dan 1000 meter, dan zien we dat minder personen veel trips binnen het onderzoeksgebied hebben gemaakt. 54 van de 633 trips die zijn bekeken, hadden een lengte van minder dan 1000 meter. Dit kunnen werkelijke trips zijn, maar het kunnen ook gedeeltes van trips zijn op een filegevoelig traject of op een route met veel verkeerslichten die lang op rood staan. De tripdetectie moet worden gecorrigeerd waarbij rekening wordt gehouden met de logica van de weg (op een snelweg zijn bijvoorbeeld geen herkomsten en bestemmingen, bij een kruispunt met verkeerslichten kan een voertuig stilstaan).

16 % van de onderzochte trips heeft een herkomst en bestemming binnen het onderzoeksgebied, 29 % een herkomst en bestemming buiten het onderzoeksgebied en 55 % betreft doorgaand verkeer met een herkomst en bestemming buiten Antwerpen en de Zuidooststrand.

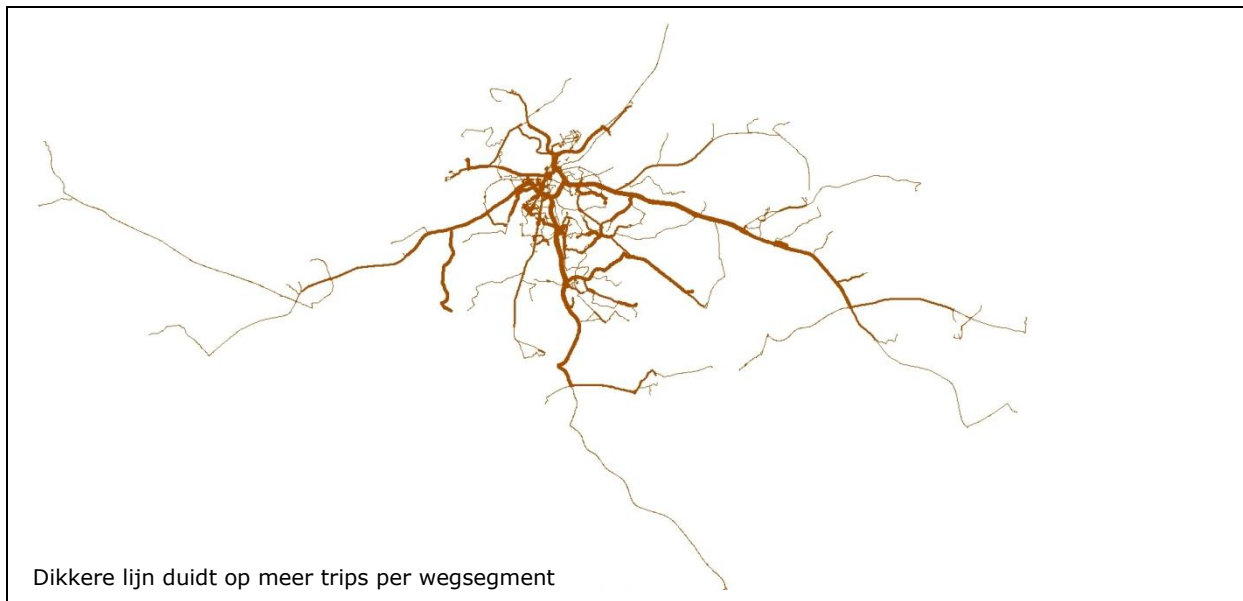
De verplaatsingen op het wegennet

Figuur 27 geeft de 523 trips weer van 107 personen.



Figuur 27 GPS-logs op het wegennet (obv 523 trips)

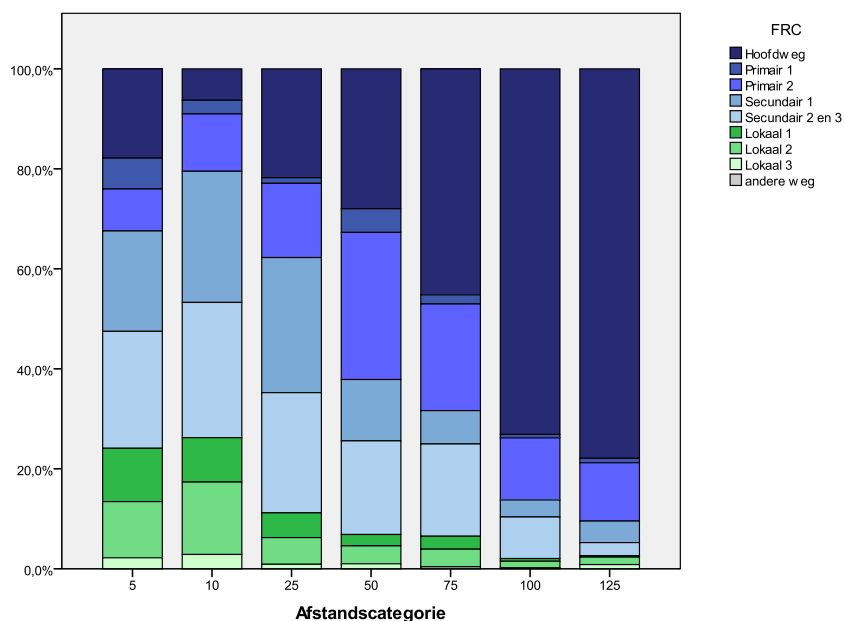
Figuur 28 geeft weer hoeveel personen een bepaalde weg hebben genomen. We hebben dit weergegeven voor 217 trips van de onderzochte 523 trips.



Figuur 28 Aantal trips per wegsegment (obv 217 trips)

De hoofdwegen naar Antwerpen en de ring van Antwerpen zijn duidelijk zichtbaar. In het gebied tussen de E313 en de E19 vallen de relatief zwaardere dwarsverbindingen op.

Uit de koppeling met het wegenbestand kunnen we bovendien afleiden hoeveel kilometers er gereden zijn over de verschillende wegcategorieën (zie Figuur 29). Over hoofdwegen worden vooral langere afstanden afgelegd, terwijl de kortere verplaatsingen voor een groter deel over lokale wegen worden afgelegd. Dit zou nog gecorrigeerd kunnen worden naar afstand, bijvoorbeeld alleen verplaatsingen langer dan 1000 meter.



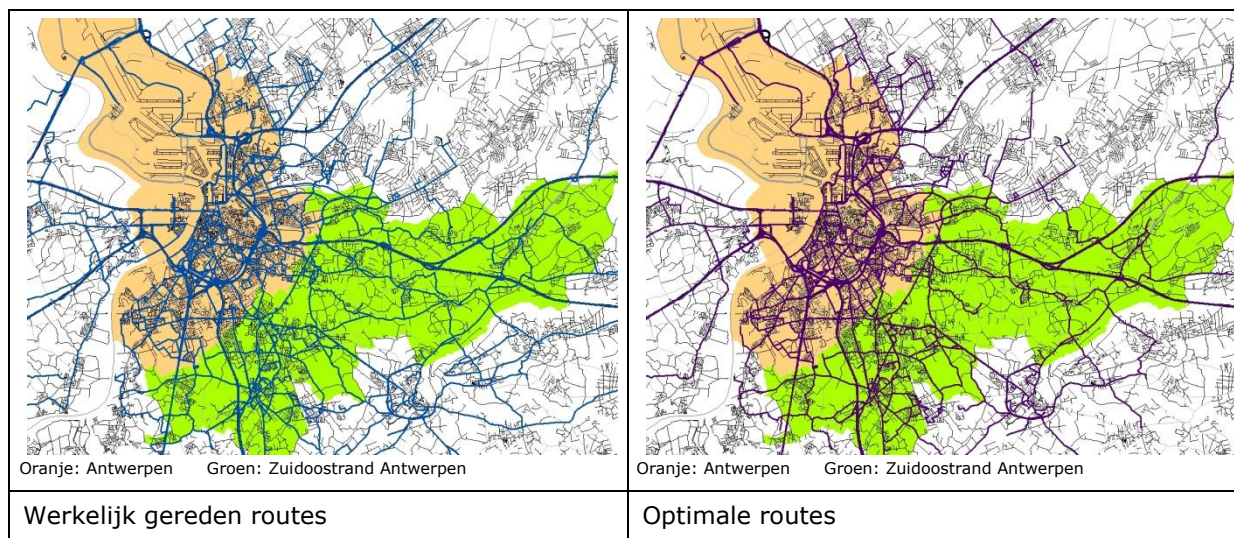
Figuur 29 Percentage wegcategorie per afstandscategorie

4.3.2 Werkelijk gereden versus optimaal

Behalve de werkelijk gereden route op basis van de GPS-log is ook de 'optimale' route bepaald met behulp van ArcGIS. Hierbij wordt uitgegaan van de snelste route en wordt voorrang gegeven aan hogere wegcategorieën boven lagere. Figuur 30 laat de werkelijk

gereden en de optimale routes zien voor de zuidostrand van Antwerpen en Antwerpen zelf.

Figuur 30 Werkelijk gereden en 'optimale' routes



Een aantal verschillen tussen de werkelijk gereden routes en de 'optimale' routes zijn weergegeven in Tabel 15.

Tabel 15 Werkelijk versus optimale route - wegtypes

	GPS=OPT	GPS	Optimaal	Optimaal/GPS
Routenummers		% Afstand	% Afstand	
Aantal trips	280	338	338	
Km	6067 (5369)	12099	10400	0,85
A	4,3% (4,6%)	2,3%	3,5%	1,5
B	0,2% (0,2%)	0,1%	0,1%	0
E	55,6% (56,6%)	50,3%	53,9%	1,07
N	14,2% (13,1%)	18,5%	17,8%	0,96
R	11,6% (12,6%)	9,0%	9,8%	1,09
Overig	14,1% (12,8%)	19,8%	14,8%	0,74

De linker kolom geeft de ritten weer waarbij de werkelijk gereden route overeen komt met de optimale route. De informatie in deze kolom komt uit de database met alle GPS-routes en tussen haakjes de database met de optimale routes. De databases laten een paar kleine afwijkingen zien die te verklaren zijn uit het samenvoegen van gegevens waarbij soms een gedeelte van de dat niet wordt meegenomen. Door het opbouwen van 1 grote database kunnen deze verschillen voorkomen worden.

Het valt op dat bij de optimale route minder gebruik wordt gemaakt van overige wegen (van 19,8% van de afstand naar 14,8%) en in mindere mate ook van N-wegen. Een groter deel van de trip wordt daar en tegen afgelegd op snelwegen en andere hoofdwegen zoals E- en A-wegen. Ook R-wegen worden vaker gebruikt. Daar waar de werkelijk gereden route samenvalt met de optimale route zijn de percentages vergelijkbaar met de situaties waarbij een optimale route berekend is, dus een groter

gedeelte van de rit op wegen van hoge orde (A- en E-wegen) en minder op het onderliggende wegennet (overige wegen). Uitzondering hierbij vormen de N- en de R-wegen. Daar waar de GPS route samenvalt met de optimale route zien we een iets hoger percentage van R-wegen en juist een lager percentage N-wegen.

Tabel 16 Werkelijk versus optimale route - ruimtegebruik

	GPS=OPT	GPS	Optimaal	Optimaal/GPS
Ruimtegebruik		% Afstand	% Afstand	
Aantal	280	338	338	
km	5120 (5218)	10694	10361	0,96
Wonen	13,2% (13,3%)	16,6%	15,2%	0,91
Wonen_land	1,9% (2,0%)	4,5%	4,0%	0,88
Wonen_uitb	0,4% (0,4%)	0,5%	0,4%	0,8
Voorzieningen	2,4% (2,4%)	2,3%	2,6%	1,13
Bedrijven	2,9% (2,9%)	2,6%	2,9%	1,11
Industrie	4,9% (4,9%)	6,0%	6,4%	1,06
Recreatie	0,8% (0,8%)	1,0%	0,7%	0,7
Landelijk	13,1% (12,9%)	15,6%	15,0%	0,96
Groen	21,4% (21,4%)	19,7%	18,9%	0,96
Infra	38% (38,2%)	30,4%	32,9%	1,08

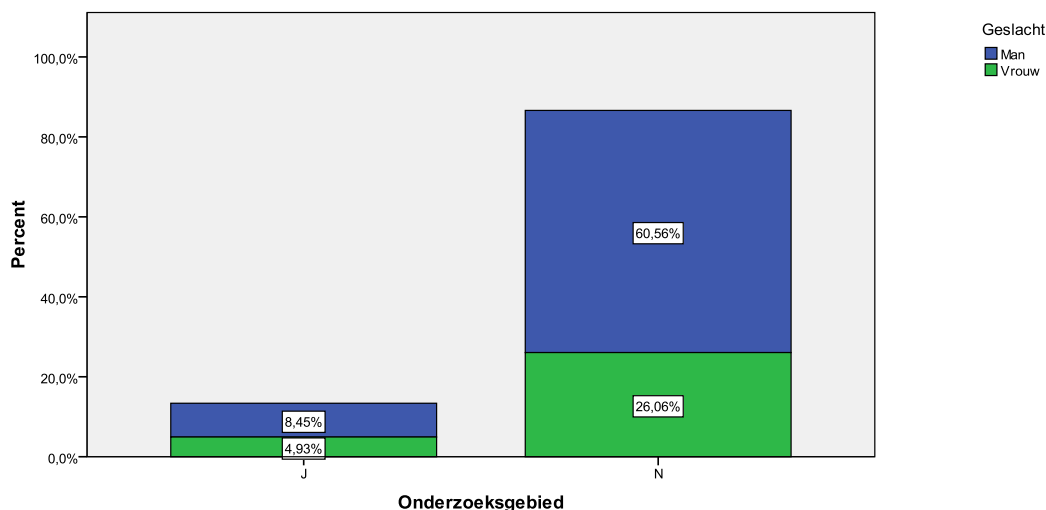
Als we naar het ruimtegebruik kijken, dan valt op dat de optimale route minder vaak langs woonfuncties gaat en ook minder door ruimtegebruik dat een groene functie heeft. Industrie en bedrijven (KMO) worden juist vaker gepasseerd.

De linker kolom laat de percentages zien voor de trips waarbij de werkelijk gereden route overeenkomt met de optimale route. Hier valt het hogere percentage van infrastructuur op wat een indicatie is voor meer gebruik van snelwegen. Daarnaast valt op dat er nog minder door woongerelateerde functies wordt gereden, maar juist meer door groengebied. Een van de verklaringen zou kunnen zijn dat in gebieden met minder woongebied en meer groen de wegenstructuur zodanig is vormgegeven dat het eenvoudiger is de optimale route te kiezen.

4.3.3 Persoonskenmerken en aantal trips en afstand

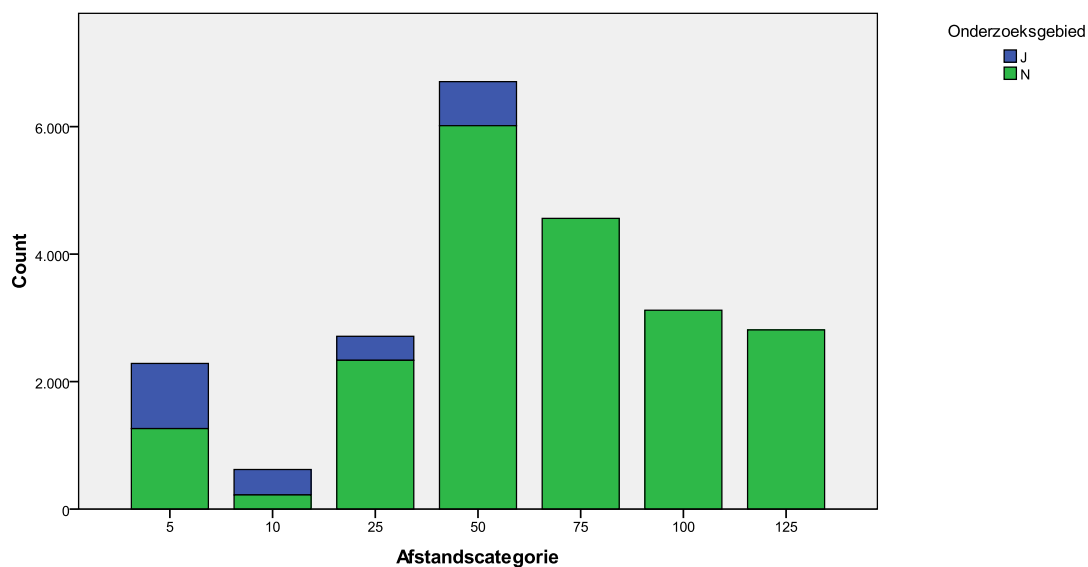
De lengte van de trips varieert zeer sterk: van iets meer dan 100 meter tot 196 kilometer. De zeer korte afstand van 100 meter kan te wijten zijn aan de automatische detectie waarbij een nieuwe trip wordt aangemaakt als er langer dan een bepaalde tijd geen beweging is.

Ruim 13% van de personen die verplaatsingen in of door het onderzoeksgebied hebben gemaakt, wonen binnen het onderzoeksgebied (Figuur 31). Van de mensen die buiten het onderzoeksgebied wonen, heeft ongeveer de helft een bestemming binnen het onderzoeksgebied. In de overige gevallen gaat het om doorgaand verkeer.



Figuur 31 Percentage personen dat binnen het onderzoeksgebied woont (J)

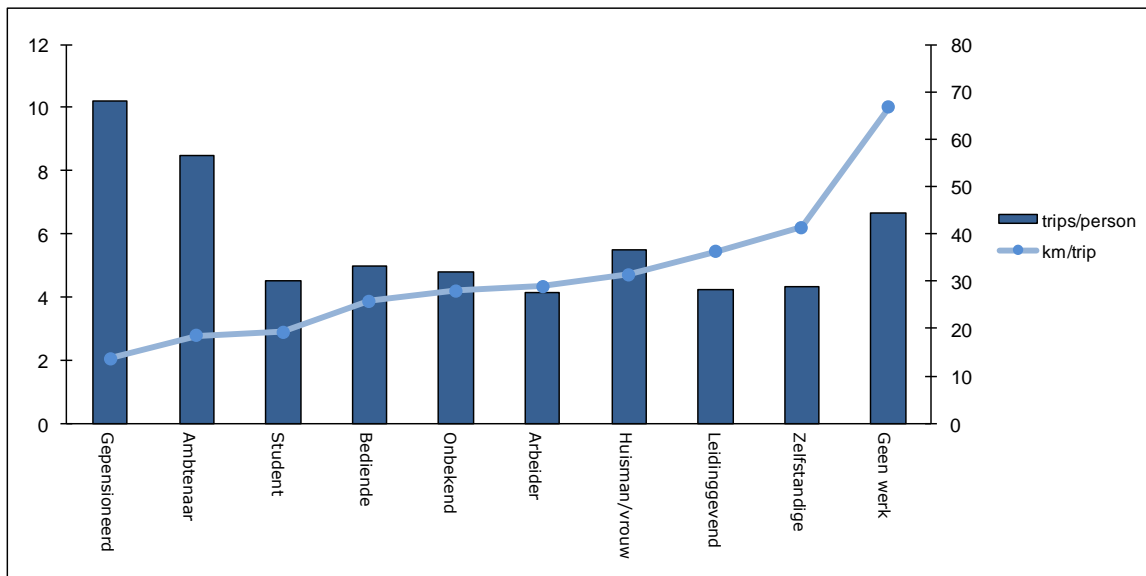
Figuur 32 laat zien dat de totale lengte van de verplaatsingen die zijn afgelegd door mensen die binnen het onderzoeksgebied wonen, aanmerkelijk lager is dan de totale lengte van de verplaatsingen van mensen die buiten het onderzoeksgebied wonen.



Figuur 32 Totale lengte verplaatsingen (naar woonlocatie)

Figuur 33 laat het aantal trips per soort beroep/dagbesteding zien in combinatie met de totaal afgelegde gemiddelde lengte. De beroepen/dagbestedingen zijn geordend naar gemiddelde lengte van de verplaatsingen. Gepensioneerden, arbeidsongeschikten en ambtenaren leggen veel verplaatsingen af met een gemiddeld korte afstand. Aan de andere kant van het spectrum vinden we mensen met vrije beroepen, zelfstandigen en overigen niet beroepsactieven. Hier is de gemiddelde afstand juist hoog terwijl het aantal trips door ons onderzoeksgebied laag is. Het is goed mogelijk dat het hier gaat om verplaatsingen waarbij de route min of meer toevallig langs Antwerpen liep, maar dat het niet onderdeel vormt van een dagelijks patroon. Bij ambtenaren daarentegen is het eerder aannemelijk dat het grootste aandeel van de geregistreerde trips in ons

onderzoeksgebied dagelijkse verplaatsingen zijn, zeker gezien het aantal trips en de gemiddelde afstand die relatief kort is.



Figuur 33 Aantal trips en afgelegde gemiddelde lengte naar dagbesteding

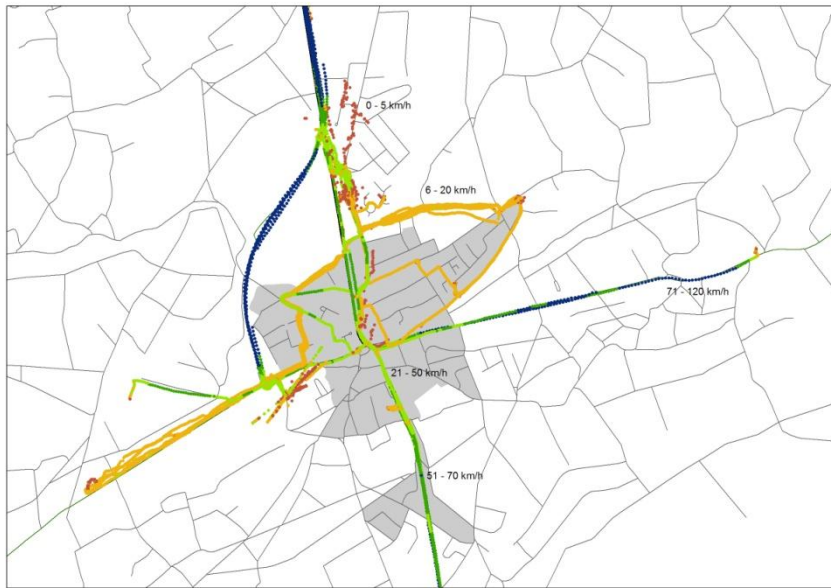
363 van de 632 trips zijn afgelegd door mannen, 148 door vrouwen en van 121 trips is het geslacht niet bekend (Tabel 17). De mannen hebben gemiddeld 29,6 kilometer per trip afgelegd, de vrouwen 28,6 kilometer, een zeer klein verschil. Mannen rijden iets meer over E-wegen (snelwegen) terwijl vrouwen meer gebruik maken van A-wegen en overige wegen.

Tabel 17 Mannen en vrouwen – verschillen in trips

	Mannen	Vrouwen	Onbekend
Totaal aantal trips	363	148	121
Gemiddelde lengte (km)	29,6	28,6	22,5
Overige wegen	16%	19%	25%
A	2%	7%	2%
B	0%		0%
E	56%	48%	44%
N	17%	16%	18%
R	9%	10%	12%

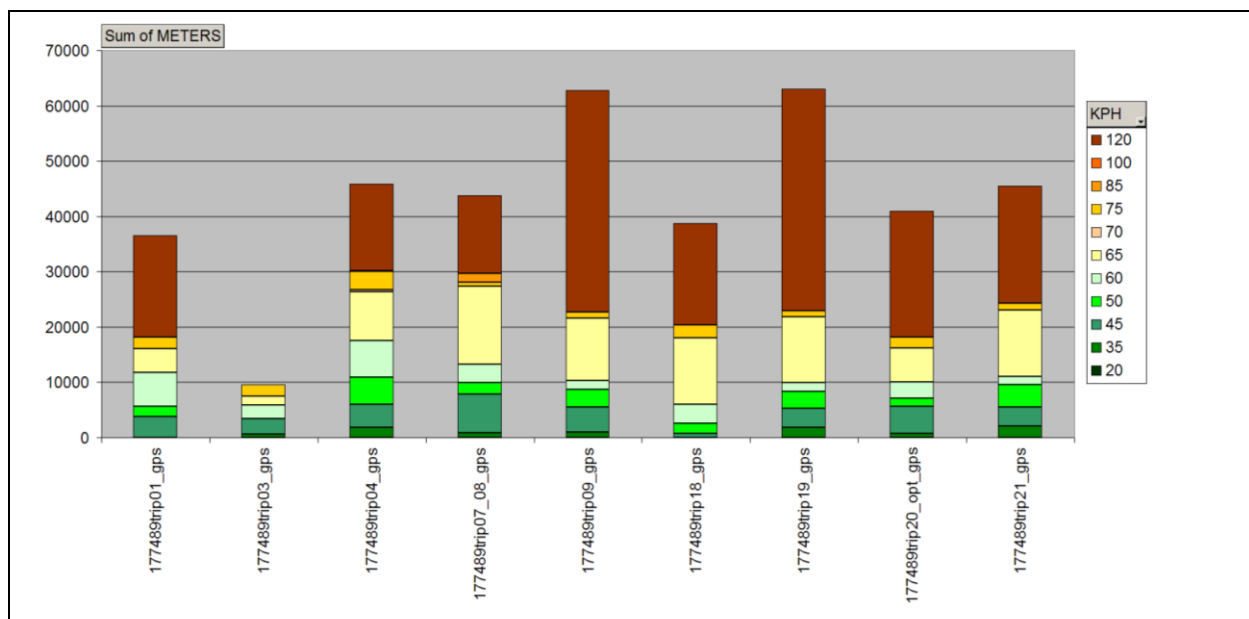
4.3.4 Snelheid

De GPS-logs bieden onder andere informatie over de werkelijke snelheid van de verplaatsing (zie Figuur 34). Deze informatie kan worden gecombineerd met snelheidsinformatie die beschikbaar is over het wegennet, wegcategorieën of bijvoorbeeld het omliggende ruimtegebruik.



Figuur 34 Werkelijke snelheid van verplaatsingen

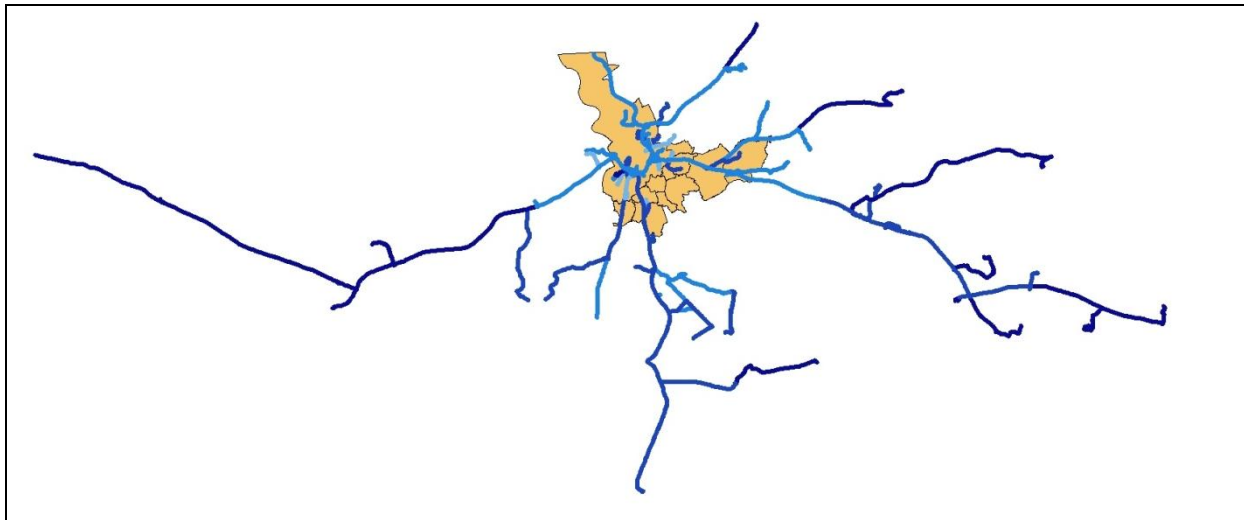
Daarnaast biedt de koppeling van een trip aan het wegennet de mogelijkheid om een snelheidsprofiel van een verplaatsing te maken (zie Figuur 35). Dit kan bovendien worden gekoppeld aan informatie over het doel van de verplaatsing en kenmerken van de persoon.



Figuur 35 Snelheidsprofiel van verschillende verplaatsingen

4.3.5 Doorgaand of lokaal verkeer

Doordat de informatie over de verplaatsingen is gekoppeld aan het wegennet, kunnen we ook een doorsnede maken over een bepaald wegsegment en bekijken wat voor verkeer we daar aantreffen. Figuur 36 laat 50 trips zien die de ring van Antwerpen richting het noorden hebben gepasseerd.



Figuur 36 Doorsnede op de ring van Antwerpen richting het noorden

Trips met een lange afstand zijn in een donkere kleur weergegeven en de trips met kortere afstanden in een lichtere kleur. De trips liggen in lagen over elkaar heen, de lange afstanden onder en de kortere afstanden bovenop. De afgelegde afstand per trip varieert van bijna 200 kilometer tot een paar kilometer. Ongeveer de helft van de trips heeft een lengte die langer is dan 50 kilometer wat wijst op relatief veel doorgaand verkeer. Slechts 5 trips hebben een lengte korter dan 10 kilometer. Bijna 40% van het totaal aantal kilometers is gemaakt door bedienden (kader en niet kader).

4.4 Verkeersveiligheidsbeoordeling van verplaatsingen

4.4.1 Werkelijk gereden vergeleken met optimale route

Tabel 18 laat een aantal verschillen zien tussen de GPS route en de optimale route. In totaal zijn 618 trips geanalyseerd. Bij 280 trips was de werkelijk gereden route gelijk aan de optimale route (linker kolom), bij 338 trips was er een afwijkende optimale route. De rechter kolom geeft de verhouding weer tussen de optimale route en de werkelijk gereden route.

Tabel 18 Kenmerken van GPS en optimale route - verkeersveiligheid

	GPS=OPT	GPS	Optimaal	Optimaal/GPS
Aantal trips	280	338	338	
Km tot	5347	10167	9610	0,94
Km/trip	19	30	28,4	0,94
Zwpnt totaal	649	1195	1174	
Zwpnt/trip	2,3	3,5	3,4	0,97
Zwpnt/100km	12	11,7	12,2	1,04
Prioriteit totaal	70554	125112	116986	
Prioriteit/trip	251	370	346	0,93
Prioriteit/km	13	12,3	12,1	0,98

Bij de trips waarbij de GPS route gelijk was aan de optimale route werden gemiddeld 2,3 gevaarlijke punten per trip gepasseerd terwijl de trips waarbij de werkelijk gereden route afwijkt van de optimale route, in beide gevallen meer gevaarlijke punten per trip laten zien.

De optimale routes zijn gemiddeld 95% van de lengte van de werkelijk gereden route. Het aantal gevaarlijke punten op een optimale route is iets minder dan bij de werkelijk gereden route terwijl het aantal gevaarlijke punten per kilometer juist iets meer is. Per trip passeert de werkelijk gereden route weliswaar meer gevaarlijke punten, maar aangezien de trips gemiddeld langer zijn is het aantal per kilometer ongeveer gelijk aan de optimale route. Het verkeersveiligheidsvoordeel van de optimale route zou dan vooral gelegen zijn in een kortere route.

Als we kijken naar de prioriteit van de gevaarlijke punten, dan is er wel een verschil waar te nemen ten gunste van de optimale route. Zowel de prioriteit per trip is lager (346 tegenover 370) als de prioriteit per gereden kilometer (12,1 vergeleken met 12,3). Dit wijst erop dat de optimale route langs minder gevaarlijke punten komt die hoog op de lijst zijn.

4.4.2 Verkeersveilige trips: criteria

Zes trips zijn meer in detail beken op verkeersveiligheidskenmerken. Hierbij is uitgegaan van de theoretische methode van Dijkstra et al. (2007) die ervan uitgegaat dat elk wegtype bedoeld is voor een bepaald gebruik. Voor de lange afstand wordt gebruik gemaakt van de hogere wegcategorieën, terwijl aan het begin en het eind van een trip juist typisch over een erftoegangsweg wordt gereden. De volgorde waarin over de verschillende wegcategorieën wordt gereden speelt een belangrijke rol bij het beoordelen van de veiligheid van een route. Uiteindelijk zijn er 9 criteria bepaald die samen het verkeersveiligheidsniveau bepalen.

1. *aantal transities tussen wegcategorieën* – Dit criterium vergelijkt het feitelijke aantal overgangen van wegcategorieën met het ideale, minimale, aantal.
2. *de aard van de overgangen* – Ideaal gesproken zouden de overgangen stapsgewijs moeten plaatsvinden, dus steeds één categorie hoger (+1) of lager (-1).
3. *ontbrekende wegcategorieën* – Hier wordt het aantal wegcategorieën in de route vergeleken met het aantal aanwezige wegcategorieën. Als dit niet overeenkomt, is er sprake van een niet-optimale situatie.
4. *zo min mogelijk erftoegangswegen* – erftoegangswegen zijn alleen bedoeld voor directe toegang tot gebouwen en de lengte van dit type wegen zou daarom geminimaliseerd moeten worden.
5. *zo min mogelijk gebiedsontsluitingswegen* – het risico op gebiedsontsluitingswegen is hoger dan op andere wegcategorieën. Daarom zou dit type wegen zo min mogelijk gebruikt moeten worden.
6. *de kortste lengte* – hoe korter de route, hoe lager de blootstelling. Voor elke route wordt de totale reislengte berekend.
7. *zo kort mogelijke reistijd* – de reistijd kan op verschillende manieren worden berekend, bijvoorbeeld door de totale lengte van elke wegsegment te delen door de maximum snelheid per wegsegment. Als de reistijd bekend is kan hiermee worden gerekend.
8. *zo min mogelijk linksaf-bewegingen* – linksaf-bewegingen zijn gevaarlijker dan andere manoeuvres. Het aantal linksaf-bewegingen kan worden geregistreerd en worden opgeteld.
9. *dichtheid van kruisingen zo laag mogelijk* – de mate van verstoring dient zo laag mogelijk gehouden te worden. Door het aantal kruispunten per kilometer te tellen

wordt een indicatie verkregen voor de verstoring. Alle kruisingen worden meegeteld, dus ook als ze niet toegankelijk zijn voor autoverkeer.

4.4.3 Algemene kenmerken van de trips

Uit de 632 trips in ons onderzoeksgebied hebben we ad random 6 trips gekozen: 3 trips binnen de Zuidoost rand en Antwerpen (B) en drie trips vanuit de omliggende gebieden naar de Zuidoost rand en Antwerpen (O).

Tabel 19 geeft een overzicht van de kenmerken van de personen die de trips hebben uitgevoerd. De verdeling van 2 vrouwen en 4 mannen komt overeen met het gemiddelde van de onderzochte trips. De personen zijn allemaal 46 jaar of ouder en maar de helft werkt. De opleidingsniveaus variëren van een lagere opleiding tot universitair en ook de werksituatie is erg gevarieerd.

Tabel 19 Persoonskenmerken

	tripnummer	Geslacht	Geb.	Opleiding	Werk	Werksituatie
O	221639trip14	Man	1952	LMOTechnischBeroeps	Voltijds	nachtwerk
O	153232trip10	Vrouw	1951	HogerNietUniversitair	Arbeidsongeschikt	nvt
O	185693trip40	Man	1953	HogerUniversitair	Ambtenaar	Ploegen met nacht
B	135443trip17	Man	1949	LMOTechnischBeroeps	Gepensioneerd	nvt
B	134695trip01	Vrouw	1964	HMOTechnischBeroeps	Bediende geen kader	Uitsluitend dag
B	219749trip18	Man	1945	HogerUniversitair	Gepensioneerd	nvt

Van elke trip hebben we de totale lengte voor de werkelijk gereden route en de optimale route berekend alsook de reisduur op basis van de GPS gegevens (Tabel 20). Daarnaast is ook het aantal gepasseerde kruispunten en gevaarlijke punten bepaald.

Tabel 20 Kenmerken van de trips

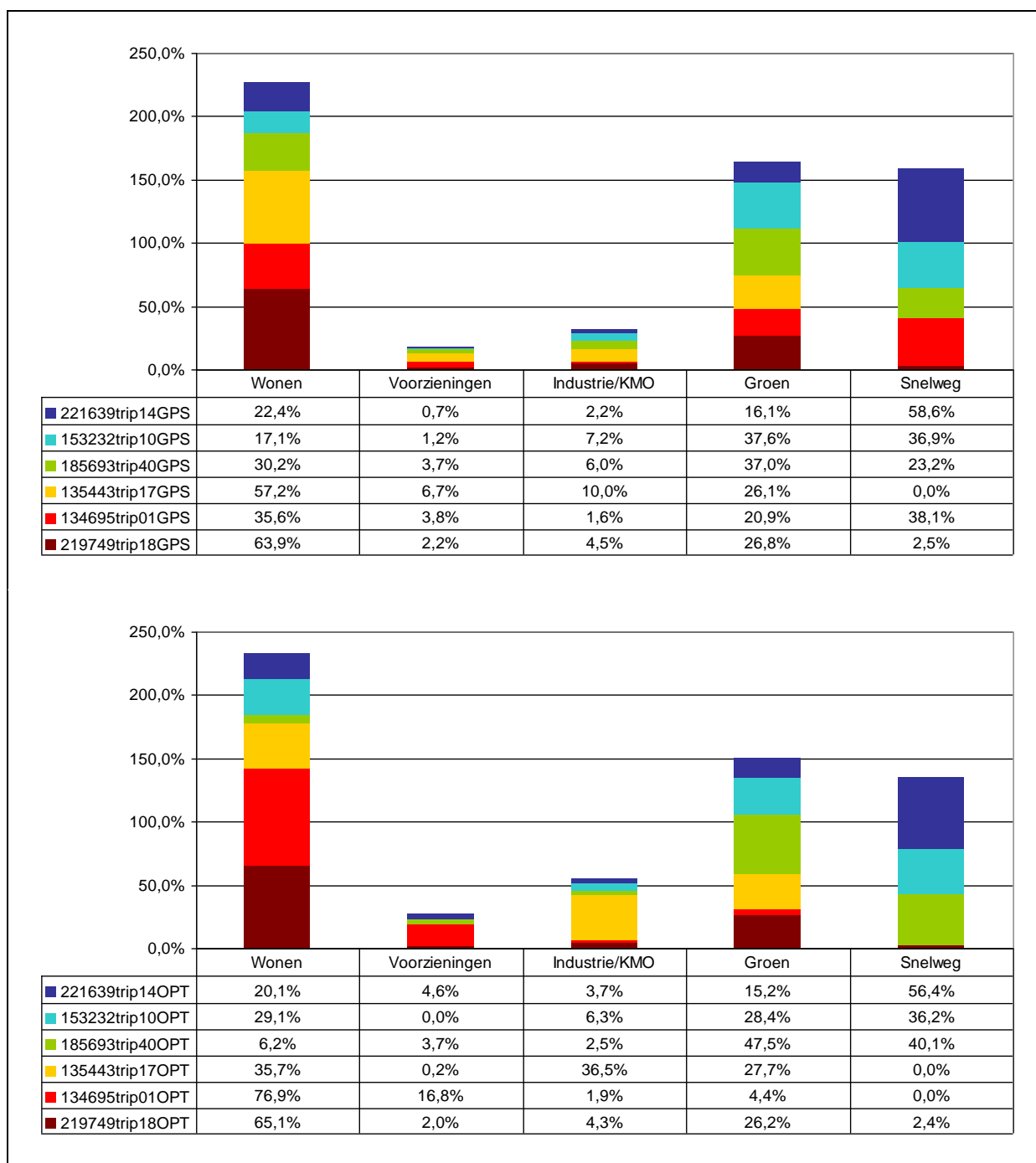
	tripnummer		Lengte (km)	Begintijd	Reisduur GPS	V _{aem} (km/h)	Junct	Zwarte punten	Zwpnt/100km
O	221639trip14	GPS	70,6	4:55:56	1:08:28	62,3	255	6	8
		OPT	62,9				219	4	6
O	153232trip10	GPS	39,7	10:51:26	0:33:34	72,2	357	9	23
		OPT	37,6				191	8	21
O	185693trip40	GPS	49,16	18:00:00	0:52:30	56,7	262	0	0,0
		OPT	63,03				211	5	8
B	135443trip17	GPS	12,16	7:18:15	0:17:34	42,9	158	3	25
		OPT	10,75				128	7	65
B	134695trip01	GPS	10,71	17:32:34	0:16:01	40,2	83	9	84
		OPT	7,83				99	2	26
B	219749trip18	GPS	12,91	14:58:09	0:21:44	36,9	111	4	31
		OPT	13,75				117	5	36

Bij 4 van de 6 trips is de lengte van de optimale route korter dan de werkelijk gereden route. De gemiddelde snelheid is voor de langere afstanden hoger dan voor de lagere afstanden wat verklaard kan worden door het aandeel van wegen met een hogere wegcategorie. Het aantal kruispunten op de werkelijk gereden route is bij 4 van de 6 ritten hoger dan de optimale route. In sommige gevallen zijn de verschillen aanzienlijk, bijvoorbeeld bij trip 153232.

Het aantal gevaarlijke punten per trip is bij de werkelijk gereden soms hoger en soms juist lager. Dit kan te maken hebben met het feit dat de optimale route soms juist langer

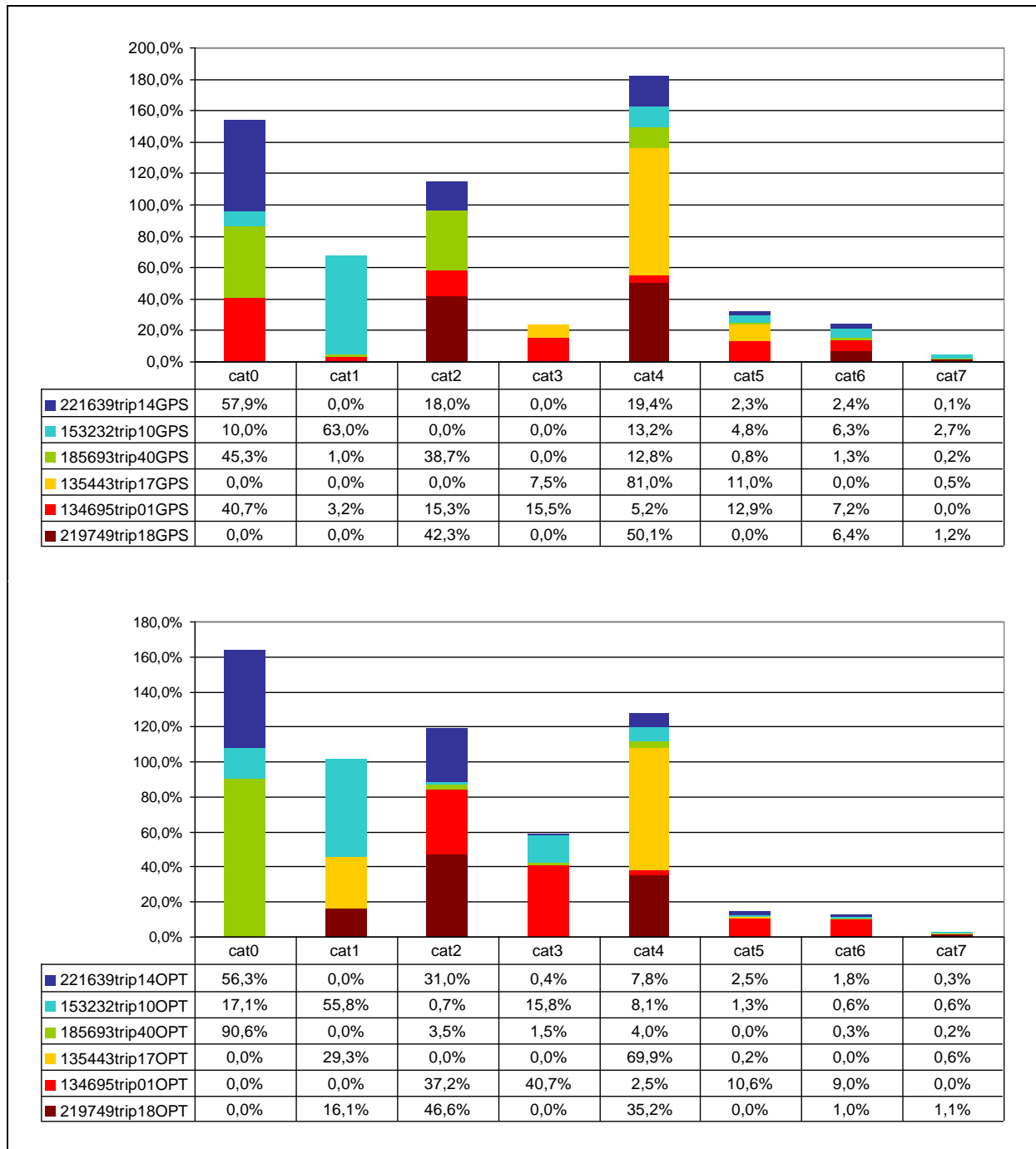
is. Op basis van de gegevens uit Tabel 18 hoeft dit niet te betekenen dat de optimale route minder veilig is. Om dat te kunnen bepalen moet ook naar de ernst van de gevaarlijke punten gekeken worden en het blijkt dat hoewel het aantal gevaarlijke punten per 100 kilometer optimale route juist hoger is, de prioriteit per kilometer juist lager is.

De trips zijn allemaal gekoppeld aan het gewestplan (Figuur 37) en aan het wegennet (Figuur 38) waardoor we kunnen berekenen welk percentage van de totale trip over welk type weg is gereden of langs wat voor soort ruimtegebruik.



Figuur 37 Percentage van verschillende soorten ruimtegebruik (GPS en optimaal)

Het grootste deel van de onderzochte trips gaat door woongebied of door gebieden die als functie infrastructuur hebben (snelweg in dit geval). Als derde categorie valt 'groen' op. Op basis van deze 6 ritten kunnen we waarnemen dat sommige optimale routes juist door meer woongebied worden geleid, terwijl het in andere gevallen juist om minder woongebied gaat. Het totale percentage langs Industrie/KMO gebieden is iets hoger bij de optimale routes.



Figuur 38 Percentage over verschillende wegcategorieën (GPS en optimaal)

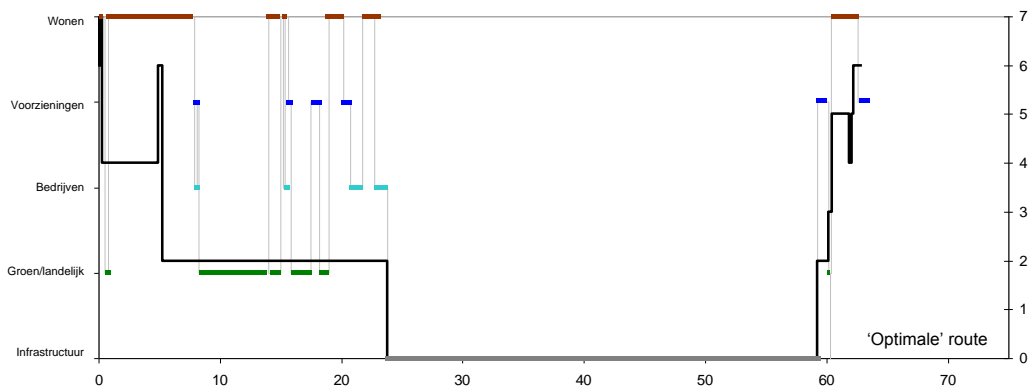
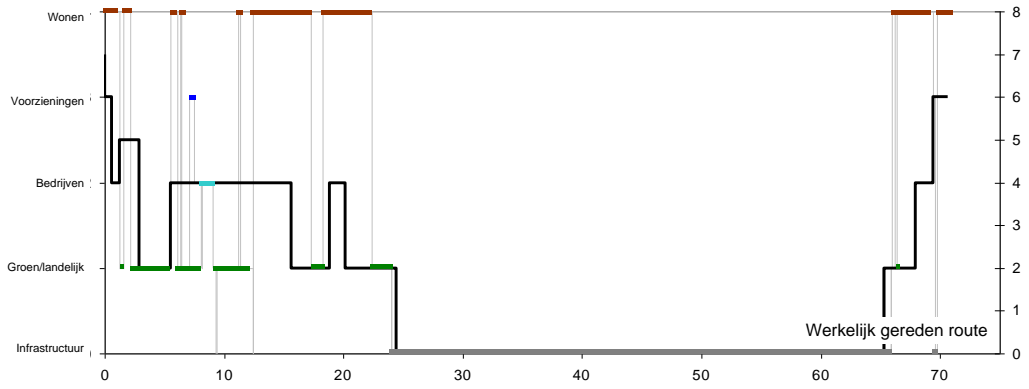
Als we naar het gebruik van de wegcategorieën kijken, dan zien we dat het gebruik van de categorieën 0, 1, 2 en 3 hoger is bij de optimale route terwijl er minder kilometers over categorie 4 worden gereden. Ook de laagste categorieën worden minder vaak gekozen. Als we de percentages voor ruimtegebruik en wegcategorieën vergelijken, dan zien we dat er wel een effect van de optimale route is op de wegcategorieën (ten gunste

van de hogere categorieën), maar minder duidelijk op ruimtegebruik. We zouden daar minder routes door woongebied verwachten (of wensen) terwijl deze zes routes juist een hoger percentage woongebied laten zien. Voor de wegcategorieën is het eerder te verwachten dat er een verschuiving zal zijn naar de hogere wegcategorieën omdat hier een optimalisatie heeft plaatsgevonden op basis van reistijd en op hogere categorieën is de snelheid hoger. Uit de vergelijking van de 6 routes kunnen we afleiden dat er rondom de hogere wegcategorieën relatief veel woongebied te vinden is. Als we deze uitkomsten vergelijken met de geanalyseerde 618 routes (Tabel 16) dan zien we dat de optimale routes wel een tendens hebben naar minder woongebied. De 6 geselecteerde routes zijn wat dit aspect betreft dus niet helemaal te vergelijken met het gemiddelde van de 618 trips.

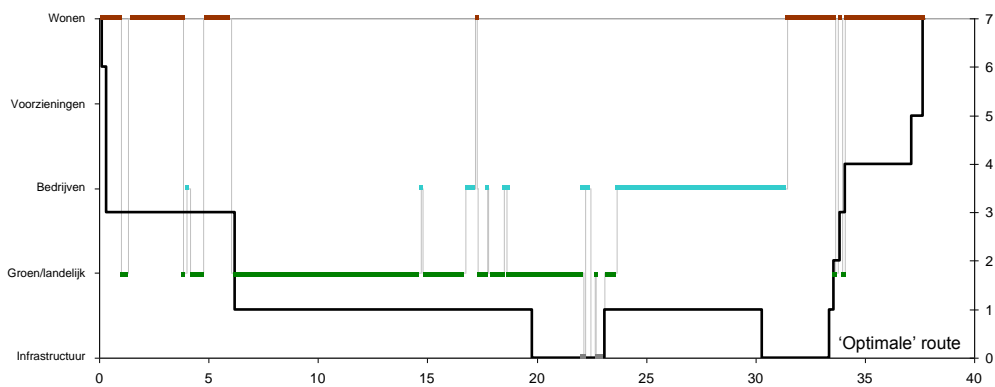
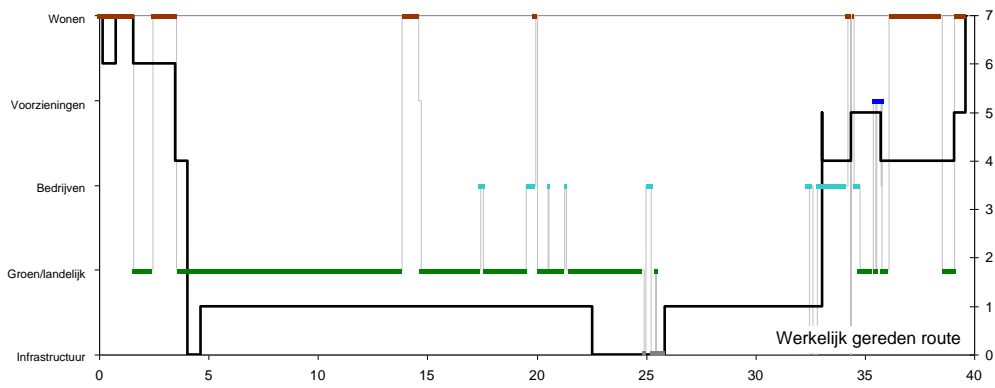
4.4.4 Verkeersveiligheidskenmerken van individuele trips

Op basis van de 9 verkeersveiligheidskenmerken die de SWOW heeft opgesteld (zie paragraaf 4.4.2), zijn de 6 individuele trips beoordeeld. Om dit te kunnen doen is van elke trip in kaart gebracht welke wegcategorieën en soorten ruimtegebruik achtereenvolgens worden gepasseerd. *Figuur 40* tot en met *Figuur 44* laten steeds een trip-sequentie zien. Aan de rechterkant van de grafiek zijn de wegcategorieën weergegeven die overeenkomen met de dikke zwarte lijn. 7 is laagste wegcategorie, overeenkomend met erftoegangswegen terwijl 0 de hoogste categorie is, overeenkomend met snelwegen. Op de x-as is de afstand van de verplaatsing te vinden. Aan de linkerkant van de grafiek staat het ruimtegebruik wat overeenkomt met de grijze lijn. Het ruimtegebruik is geordend van vooral gericht op herkomsten en bestemmingen naar een grotere verkeer en vervoersfunctie. De gekleurde horizontale strepen hebben de volgende betekenis:

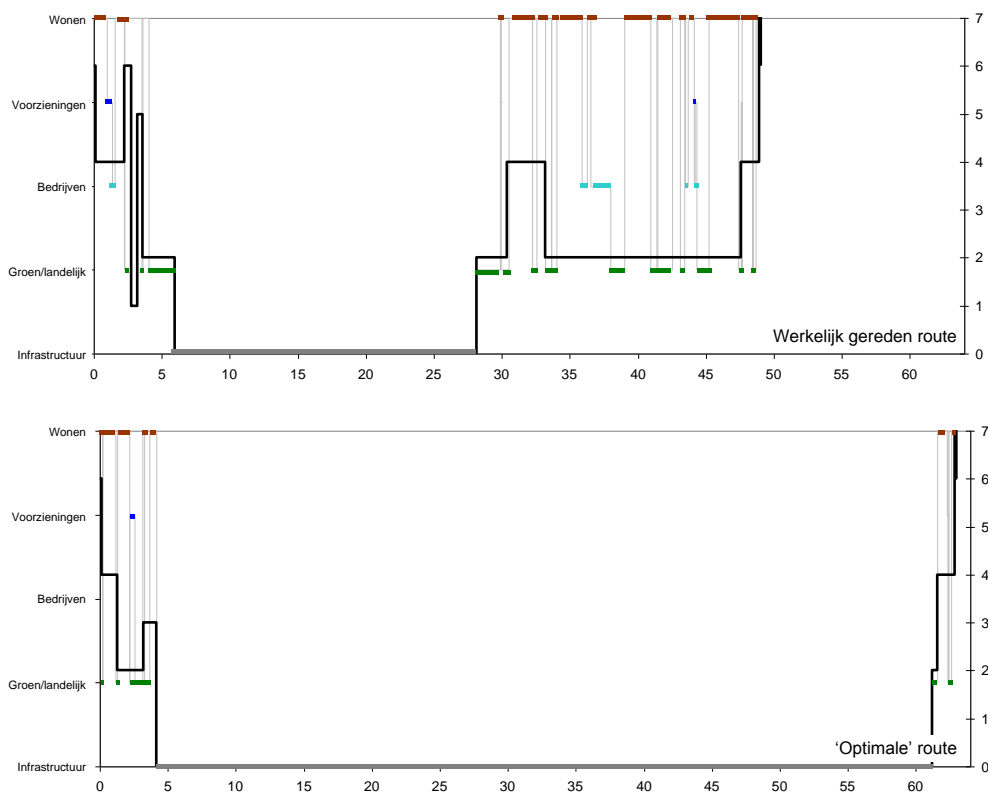
- rood = wonen,
- blauw = voorzieningen
- licht blauw = bedrijven
- groen = groen
- grijs = infrastructuur



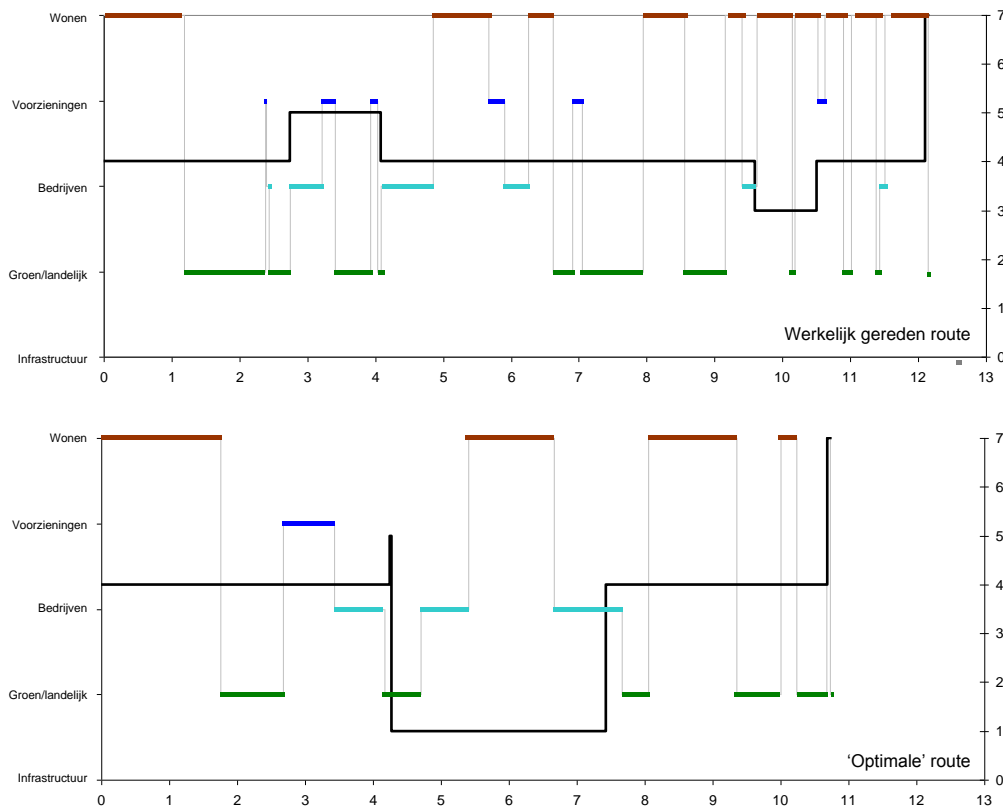
Figuur 39 221630trip14: tripsequentie GPS en optimaal (naar ZOrand-Antwerpen)



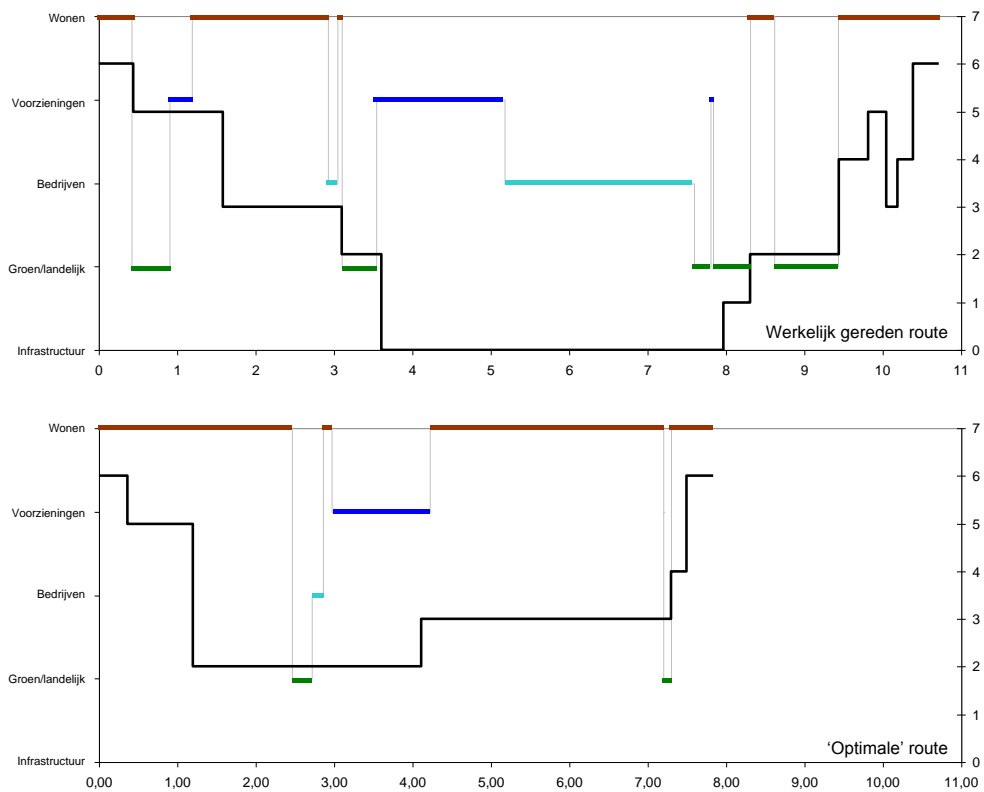
Figuur 40 153232trip10: tripsequentie GPS en optimaal (naar ZOrand-Antwerpen)



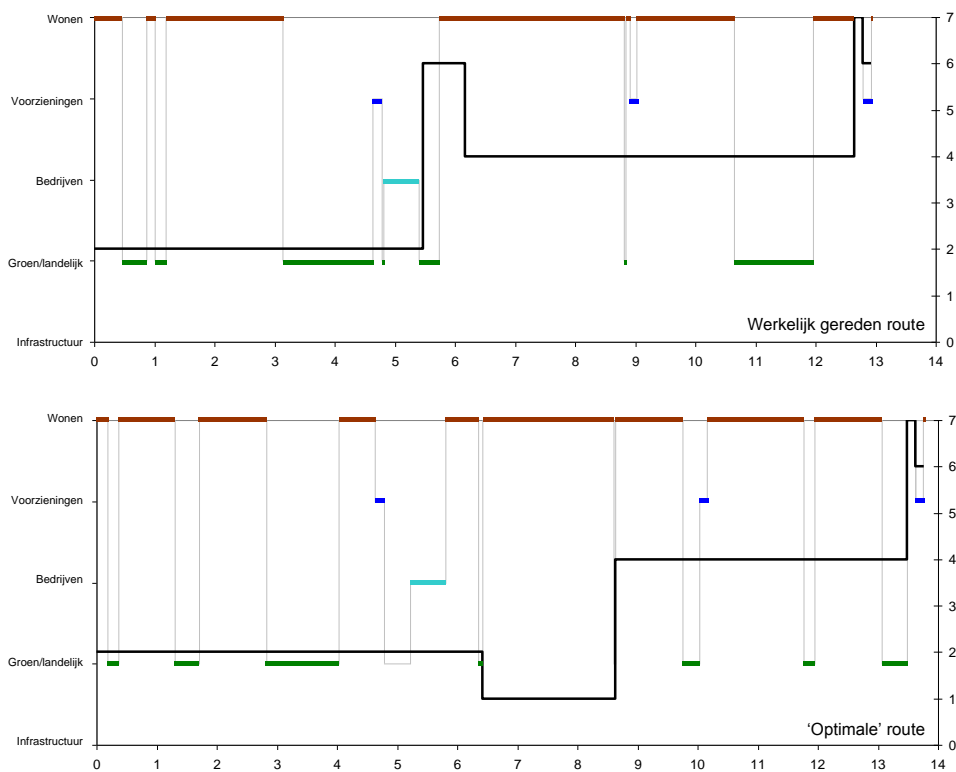
Figuur 41 185693trip40: tripsequentie GPS en optimaal (naar ZOrand-Antwerpen)



Figuur 42 135443trip17: tripsequentie GPS en optimaal (binnen ZOrand-Antwerpen)



Figuur 43 134695trip01: tripsequentie GPS en optimaal (binnen ZOrand-Antwerpen)



Figuur 44 21974trip18: tripsequentie GPS en optimaal (binnen ZOrand-Antwerpen)

Elke trip is vervolgens beoordeeld op de volgende kenmerken. De eerste 9 criteria zijn ontwikkeld door de SWOV. Omdat wij uitgaan van werkelijk gereden routes die gekoppeld kunnen worden aan ongevallendata en gevaarlijke punten is deze informatie aan het einde van de tabel als een werkelijke veiligheidsindicatie toegevoegd. De gegevens zijn weergegeven in

Tabel 21.

1. *aantal transitie tussen wegcategorieën* – Dit criterium vergelijkt het feitelijke aantal overgangen van wegcategorieën met het ideale, minimale, aantal.

2. *de aard van de overgangen* – Ideaal gesproken zouden de overgangen stapsgewijs moeten plaatsvinden, dus steeds één categorie hoger (1) of lager (-1). In de tabel is het aantal sprongen (dus meer dan 1 categorie hoger of lager) weergegeven.

3. *ontbrekende wegcategorieën* – Hier wordt het aantal wegcategorieën in de route vergeleken met het aantal aanwezige wegcategorieën. Als dit niet overeenkomt, is er sprake van een niet-optimale situatie en wordt het wegensysteem inefficiënt gebruikt vanuit het oogpunt van de wegencategorieën.

4. *zo min mogelijk erftoegangswegen* – erftoegangswegen zijn alleen bedoeld voor directe toegang tot gebouwen en de lengte van dit type wegen zou daarom geminimaliseerd moeten worden. Voor dit criterium is het percentage van de wegcategorieën 6 en 7 gebruikt.

5. *zo min mogelijk gebiedsontsluitingswegen* – het risico op gebiedsontsluitingswegen is hoger dan op andere wegcategorieën. Daarom zou dit type wegen zo min mogelijk gebruikt moeten worden. Voor dit criterium is het percentage van de wegcategorieën 4 en 5 gebruikt.

6. *de kortste lengte* – hoe korter de route, hoe lager de blootstelling. Voor elke route is de totale reislengte berekend met behulp van GIS.

7. *zo kort mogelijke reistijd* – een kortere reistijd betekent minder blootstelling. Voor het berekenen van de verhouding van de reistijd is gebruik gemaakt van de waardes die zijn verkregen via GIS. De waardes voor de GPS-route wijken hierbij af van de werkelijk gelogde tijd die over het algemeen langer is.

8. *zo min mogelijk linksaf-bewegingen* – linksaf-bewegingen zijn gevaarlijker dan andere manoeuvres. Het aantal linksaf-bewegingen per route is geteld waarbij rotondes niet zijn meegenomen omdat het hier gaat om een serie van rechts-afbewegingen.

9. *dichtheid van kruisingen zo laag mogelijk* – de mate van verstoring dient zo laag mogelijk gehouden te worden. Door het aantal kruispunten per kilometer te tellen wordt een indicatie verkregen voor de verstoring. Alle kruisingen worden meegeteld, dus ook als ze niet toegankelijk zijn voor autoverkeer.

Tabel 21 Overzicht verkeersveiligheid verschillende routes

tripnummer		221639trip1 4 GP OPT		153232trip1 0 GP OPT		185693trip4 0 GP OPT		135443trip1 7 GP OPT		134695trip0 1 GP OPT		219749trip1 8 GP OPT	
begin	FRC	7	7	7	7	6	6	4	4	6	6	2	2
hoogste	FRC	0	0	0	0	0	0	3	1	0	2	2	1
eind	FRC	6	6	7	7	6	6	7	7	6	6	6	6
CATgebruikt		6	6	6	7	7	6	4	4	7	5	4	5
1. transitie tussen categorieën	werkelijk	12	11	14	12	14	9	5	4	11	5	4	4
	minimaal	13	13	14	14	12	12	5	9	12	8	4	6
	werkelijk/minimaal	0,9	0,8	1,0	0,9	1,2	0,8	1,0	0,4	0,9	0,6	1,0	0,7
	max waarde/(werkelijk/minimaal)	0,8	0,7	0,9	0,7	1,0	0,6	0,9	0,4	0,8	0,5	0,9	0,6
2. categorie sprongen		9	6	4	3	12	6	1	3	5	2	3	2
	sprongen/gebruik lager = beter	1,5	1,0	0,7	0,4	1,7	1,0	0,3	0,8	0,7	0,4	0,8	0,4
	max waarde/(sprongen/gebr)	0,9	0,6	0,4	0,3	1,0	0,6	0,1	0,4	0,4	0,2	0,4	0,2
3. niet gebruikt categorieën		2	2	2	1	0	1	4	4	0	2	3	2
	niet gebruikt/gebruikt	0,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,2	1,0	1,0	0,0	0,4	0,8	0,4
	max waarde/(niet gebr/gebr)	0,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,2	1,0	1,0	0,0	0,4	0,8	0,4
4.% erftoegangsweg	zo min mogelijk 6 en 7	2%	2%	9%	2%	1%	0%	1%	1%	7%	9%	7%	2%
	max waarde/% ETW lager is beter	0,2	0,2	1,0	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,8	1,0	0,8	0,2
5. % gebiedsontsluitingswegen	zo min mogelijk 4 en 5	21%	11%	18%	9%	14%	4%	92%	50%	18%	13%	50%	35%
	max waarde/% GOW	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	1,0	0,5	0,2	0,1	0,5	0,4
6. lengte	zo kort mogelijk	70,6	62,9	39,7	37,6	49,2	63,0	12,2	10,8	10,7	7,8	12,9	13,8
	GPS/OPT lager is beter	1,1	0,9	1,1	0,9	0,8	1,3	1,1	0,9	1,4	0,7	0,9	1,1
	max waarde/(lengteGPS/OPT)	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	0,9	0,8	0,6	1,0	0,5	0,7	0,8
7.Tijd	zo kort mogelijk	52	44	33	27	32	35	13	10	9	8	14	14
	GPS/OPT zo kort mogelijk	1,2	0,8	1,2	0,8	0,9	1,1	1,3	0,8	1,1	0,9	1,0	1,0
	max waarde/(tijdGPS/OPT)	0,9	0,7	0,9	0,6	0,7	0,8	1,0	0,6	0,9	0,7	0,8	0,8
8. aantal links-af		8	3	6	3	5	4	0	3	7	1	1	0
	links-af/km*100	11	5	15	8	10	6	0	28	65	13	8	0
	max waarde/(links-af/links-af*100)	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	0,4	1,0	0,2	0,1	0,0
9. dichtheid kruisingen		3,6	3,5	9,0	5,1	5,3	5,3	13,0	11,9	7,7	12,6	8,6	8,5
	max waarde/(kruisingen/km)	0,3	0,3	0,7	0,4	0,4	0,4	1,0	0,9	0,6	1,0	0,7	0,7
Eindscore (gemiddelde)		0,51	0,41	0,60	0,36	0,47	0,40	0,66	0,54	0,63	0,51	0,63	0,46
gevaarlijke punten/100kilometer		8	6	23	21	0	8	25	65	84	26	31	36
max waarde gevnt/(gevpnt100km)		0,1	0,1	0,3	0,3	0,0	0,1	0,3	0,8	1,0	0,3	0,4	0,4

De rode velden geven aan welke trips de slechtste verkeersveiligheidsscore hebben gehaald terwijl de groene velden juist de beste score markeren. De vergelijking van de werkelijk gereden routes met de optimale routes laat de volgende tendensen zien:

- In theorie zouden herkomsten en bestemmingen vooral langs lage weg categorieën moeten liggen, dus 6 of 7. In onze analyse beginnen en eindigen 4 trips op categorie 6 of 7 en in twee gevallen wordt de trip gestart op een hoge weg categorie, namelijk een 2 of een 4.
- Over het algemeen zien we dat de optimale route minder sprongen maakt van de ene naar de andere categorie en dat de opeenvolging van laag naar hoog en

omgekeerd ook stapsgewijs gaat. Dit zou gunstig moeten zijn voor de verkeersveiligheid.

- De trips vanuit de omliggende gebieden naar de Zuidostrand en Antwerpen maken allemaal gebruik van de snelweg, terwijl de trips binnen de Zuidoost rand en Antwerpen eerder gebruik maken van de tussenliggende categorieën. Het gebruik van snelwegen voor lange afstanden heeft een positief effect op de verkeersveiligheid.
- De werkelijk gereden routes zijn over het algemeen langer in kilometers en tijd dan de optimale routes. Het verschil kan oplopen tot 1,4 keer de afstand van de optimale rit. De werkelijk gereden routes scoren hierdoor slechter op verkeersveiligheid omdat de expositie toeneemt.
- Het aantal links-af bewegingen varieert sterk van 65 per 100 kilometer tijdens een relatief korte stadsrit tot bijna geen linksaffers. Over het algemeen scoort de optimale route beter dan de werkelijk gereden route, wat zou moeten resulteren in een beter score op de verkeersveiligheid.
- De dichtheid van kruisingen kent een grote spreiding van 13 kruisingen per kilometer tot 3,5. Minder kruisingen verkleint de kans op ongevallen. Ook hier scoort de optimale route meestal beter.

We hebben de eindscore op basis van de 9 criteria vergeleken met het aantal gepasseerde gevaarlijke punten per kilometer. Onderstaande lijst geeft de ranking volgens beide beoordelingssystemen weer.

	Verkeersveiligheidsbeoordeling	Ranking volgens gev. Punten/km
1	135443trip17 GPS	6
2	134695trip01 GPS	1
	219749trip18 GPS	4
4	153232trip10 GPS	7
5	135443trip17 OPT	2
6	134695trip01 OPT	5
	221639trip14 GPS	9
8	185693trip40 GPS	12
9	219749trip18 OPT	3
10	221639trip14 OPT	11
11	185693trip40 OPT	9
12	153232trip10 OPT	8

De trips die weinig gevaarlijke punten tegen komen, staan redelijk onderaan in de tabel en hebben dus ook een gunstige score volgens de verkeersveiligheidsbeoordelingsmethode. In het midden van de tabel is er niet een directe link te vinden tussen beide scores. Zoals eerder gezegd zouden we niet alleen naar het aantal gevaarlijke punten per kilometer moeten kijken, maar ook naar de ernst van de gevaarlijke punten. Hierbij zijn de optimale routes vaak iets gunstiger dan de GPS routes.

4.5 Conclusie

In dit hoofdstuk hebben we kenmerken onderzocht van werkelijk gemaakte verplaatsingen (GPS logs) van 162 personen in en door Antwerpen en de Zuidrand van Antwerpen. Tweederde van de trips is gemaakt door mannen en het merendeel van de personen heeft een baan als bediende.

Als we naar de werkelijk gereden trips kijken, dan vallen de hoofdwegen van en naar Antwerpen duidelijk op, samen met het gebied tussen de E313 en de E19 met relatief veel dwarsverbindingen op het onderliggende wegennet. Voor verplaatsingen tussen de omliggende gebieden en Antwerpen wordt vooral gebruik gemaakt van de snelwegen, terwijl voor verplaatsingen binnen de Zuidoost rand en Antwerpen eerder gebruik wordt gemaakt van de tussenliggende categorieën. Als we naar het verkeer op de ring van Antwerpen kijken, dan zien we vooral doorgaand verkeer met een herkomst en/of bestemming buiten het onderzoeksgebied. Ongeveer de helft van deze trips is langer dan 50 kilometer.

De werkelijk gereden routes gaan vaker over lage wegcategorieën dan de optimale routes. Vooral bij de lokale wegen is het verschil groot: bijna 20% van de werkelijk gemaakte verplaatsingen maakt gebruik van de lokale wegen tegen bijna 15% voor de optimale route. Daar waar de werkelijk gereden route samenvalt met de optimale route, wordt vaker gebruik gemaakt van het hoofdwegennet.

Ook als we kijken naar de gebieden waar doorheen wordt gereden, zijn er opvallende verschillen. Als de optimale route samenvalt met de werkelijk gereden route, dan wordt er vaker door groen gereden en door gebieden met een duidelijk infrastructuur karakter (snelwegen, bruggen, etc) en minder door woongebied. Daar waar de werkelijk gereden route afwijkt van de optimale route, gaat de optimale routes over het algemeen minder door woongebieden en iets meer langs gebieden met bedrijven en industrie.

Als we kijken naar de persoonlijke kenmerken, dan valt op dat gepensioneerden, arbeidsongeschikten en ambtenaren veel verplaatsingen afleggen, maar met een korte afstand. Daartegenover staan de mensen met de vrije beroepen en zelfstandigen die juist lange afstanden door het onderzoeksgebied afleggen, maar binnen de periode van twee weken slechts een enkele keer. Dit is veelal doorgaand verkeer terwijl de groep gepensioneerden herkomsten en bestemmingen in het onderzoeksgebied heeft. Op de ring van Antwerpen zien we dat bijna 40% van de personen bediende is (kader en niet kader). Als we naar geslacht opdelen, dan blijkt dat vrouwen vaker lokale wegen te gebruiken en mannen vaker de snelwegen.

Bij beoordeling van de werkelijk gereden routes en de optimale routes op verkeersveiligheid valt op dat het aantal zwarte punten per 100 kilometer ongeveer hetzelfde is voor de verschillende routes (GPS=opt, GPS en opt). Dit geldt ook voor de prioriteit per kilometer. We kunnen op basis van deze dataset dus niet zeggen dat de optimale routes over veiliger leiden dan de werkelijk gereden routes. De zes routes die meer in detail zijn bekeken laten wel verschillen zien die voor verkeersveiligheid van belang zijn. Over het algemeen maken de werkelijk gereden routes gebruik van meer verschillende wegcategorieën en zijn er meer categoriesprongen. Vanuit een verkeersveiligheidsperspectief zou het veiliger zijn als vooral de hogere categorieën worden gebruikt en de overgangen stapsgewijs plaatsvinden. Als we naar de zes ritten kijken, dan valt ook op dat er over het algemeen meer links-af bewegingen worden gemaakt en dat er meer kruispunten worden gepasseerd. Van beide kenmerken wordt een negatief effect op de verkeersveiligheid verondersteld.

5. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

5.1 Bevindingen

Een van de uitgangspunten van een verkeersveilig wegennetwerk is de afstemming tussen vorm, functie en gebruik. De veronderstelling hierbij is dat het type weg in overeenstemming moet zijn met het omliggende ruimtegebruik. In deze rapportage hebben we op twee manieren de relatie tussen ruimtegebruik en verkeersveiligheid geanalyseerd.

Allereerst hebben we voor het gebied rondom Hasselt gekeken naar de **relatie tussen ongevallen en ruimtelijke kenmerken van de ongevallocatie** zoals het wegennet en de omliggende functies. Op basis hiervan kunnen we een aantal voorzichtige conclusies trekken:

- Op wegen van een hogere categorie en wegen buiten de bebouwde kom, vinden meer en ernstiger ongevallen plaats waarbij de N-wegen eruit springen, vooral op niveau van het kruispunt. Dit kan verklaard worden door de hogere verkeersintensiteit op wegen van een hogere categorie waardoor de kans op ongevallen toeneemt. Door de hogere snelheden op wegen met een hogere categorie neemt het aantal, maar vooral ook de ernst van de ongevallen toe. De hogere snelheid kan eveneens een verklarende factor zijn voor het hogere aandeel ernstige ongevallen buiten de bebouwde kom. Een andere verklaring zou kunnen zijn dat onverwachte situaties op wegen buiten de bebouwde kom zoals links afslaan grote snelheidsverschillen, leiden tot ongevallen.
- Als we kijken naar ruimtegebruik, dan valt op dat wonen en voorzieningen vaker voorkomen rondom ongevallen dan op basis van voorkomen van deze functies verwacht kan worden. Dit stemt overeen met resultaten uit literatuur. Zowel voor woongebieden als voor voorzieningenzones heeft dit waarschijnlijk te maken met de hoeveelheid verplaatsingen die gegenereerd worden in combinatie met doorgaand verkeer op de rijbaan. Het is daarbij opvallend dat de ongevallen in de nabijheid van voorzieningenzones ernstiger zijn, wat waarschijnlijk te maken heeft met het feit dat voorzieningen vaak gelegen zijn langs wegen van een hogere orde met hoge snelheden.

In het tweede deel van het onderzoek hebben we een **analyse** gemaakt van de **daadwerkelijk gemaakte verplaatsingen** van 162 personen en de gedetailleerde analyse van 6 trips. Dit type van onderzoek geeft informatie over de wijze waarop het wegennet feitelijk wordt gebruikt. Bovendien geeft het een indicatie van de mate waarin een optimaal gebruik positieve effecten heeft naar verkeersveiligheid. Koppeling met persoonsgegevens en doel van trip kan worden gebruikt voor het ontwikkelen van risicoprofielen en risicogebieden. Op basis van dit gedeelte van het onderzoek valt het volgende op:

- Over het algemeen gaan de werkelijk gereden routes vaker over N-wegen en R-wegen en vaker door bewoond gebied dan de optimale routes. Uit de analyse van ongevallen rond Hasselt en op basis van literatuur, weten we dat dit type wegen een hoger ongevalrisico met zich meebrengt.
- Ook is af te leiden dat waar een heldere hoofdwegenstructuur ontbreekt het verplaatsingspatroon diffuus wordt en veel relatief gevaarlijke wegcategorieën zoals N-wegen worden gebruikt.
- Literatuur laat zien dat minder kruispunten op de hoofdroute en minder links-af bewegingen een positief effect hebben op de verkeersveiligheid. Uit de analyse van de individuele trips blijkt dat de routes met de meeste zwarte punten per kilometer inderdaad een hogere dichtheid kruispunten en linksaf-bewegingen laten zien.

- Ouderen en gepensioneerden maken meer verplaatsingen, maar met een kortere afstand en gebruiken vaker lokale wegen. Hierdoor maken ze meer gebruik van wegen met een lager verkeersveiligheidsrisico.
- Mensen met vrije beroepen en zelfstandigen leggen de langste afstanden af en maken veel gebruik van snelwegen. Door de lange afstanden neemt de expositie toe, maar ze maken tegelijkertijd vooral gebruik van de snelweg, wat een relatief veilig wegtype is.
- Op basis van dit onderzoek kunnen we leren dat de werkelijk gemaakte verplaatsingen slechter scoren op een aantal verkeersveiligheidsindicatoren.

Bovenstaande bevindingen zijn gebaseerd op een beperkte dataset en er is meer onderzoek nodig om de bevindingen te kunnen bevestigen.

5.2 Beleidsaanbevelingen

Zowel uit literatuur als ons onderzoek blijkt dat de **opbouw van het wegennet** invloed heeft op de mate waarin ongevallen voorkomen en de ernst van de ongevallen. Concreet voor beleid zijn de volgende elementen van belang:

- Een hiërarchisch opgebouwd wegennetwerk waarbij voor de verschillende soorten verplaatsingen gebruikt wordt gemaakt van de daartoe geëigende categorieën, heeft een positief effect op het aantal ongevallen doordat meer kilometers worden gereden op relatief veiligere wegen en er minder wisselingen van categorie plaatsvinden.
- Een wegennetwerk dat helder en logisch is opgebouwd wordt eerder op de juiste wijze gebruikt, waardoor wegen die niet bedoeld zijn voor doorgaand verkeer ook minder voor dat doel worden benut. Hierdoor is er een positief effect op de verkeersveiligheid te verwachten.
- Het daadwerkelijk gebruik van de meest logische, en gewenste route, moet worden ondersteund met bebording en zichtbaar zijn op wegenkaarten en routeplanners.

Ook de **afstemming van de wegencategorie en het omliggende ruimtegebruik** speelt een belangrijke rol in de verkeersveiligheid. Bebouwing rondom wegen met een belangrijke verkeersfunctie en een relatief hoge snelheid (70 kilometer per uur of hoger) leidt tot meer ongevallen. Vooral als het gaat om voorzieningen langs deze wegen vanwege het grote aantal af- en aanrijbewegingen.

De voorliggende studie heeft een verkennend karakter. Een aantal elementen zou in een **vervolgonderzoek** verder onderzocht kunnen worden:

- door een groter aantal individuele verplaatsingen te analyseren kan een beter inzicht worden verkregen in de routekeuzes die momenteel worden gemaakt en de relatie met het motief van de verplaatsing. Deze kennis is nuttig voor het opstellen en beoordelen van verschillende varianten van geoptimaliseerde netwerken.
- In combinatie met een gedetailleerdere analyse van de relatie tussen ruimtelijke kenmerken en ongevallen zou onderzocht kunnen worden wat het effect is van een geoptimaliseerd het wegennet in relatie tot ongevallen die gerelateerd zijn aan ruimtelijke kenmerken.
- Zowel expositie als snelheid zijn belangrijke onderliggende verklarende factoren. Door het meenemen van deze factoren in vervolgonderzoek kan een beter inzicht worden verkregen in ruimtelijke elementen die duidelijk meer risico met zich meebrengen. Voor het stellen van prioriteiten is een dergelijke verfijning zinvol.

6. REFERENTIES

Arckus (2007). Sluipverkeer in de Zuidostrand van Antwerpen: hoofdrapport. Eindrapport versie 4.0a. Opdrachtgever: Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Afdeling Beleid Mobiliteit en Verkeersveiligheid: 219 p.

Bellemans, T., B. Kochan, et al. (2008). "In the field evaluation of the impact of a GPS-enabled personal digital assistant on activity-travel diary data quality."

Ben-Akiva, M. en B. Boccara (1995). "Discrete choice models with latent choice sets." International Journal of Research in Marketing **12**(1): 9-24.

Bennett, G. en J. Marland (1978). Road accidents in traditionally designed local authority estates. TRRL report. Crowthorne, Transport Road Research Laboratory.

Bly, P., K. Jones, et al. (2005). Child Pedestrian Exposure and Accidents - Further Analyses of Data from a European Comparative Study. Road Safety Research Report No. 56. Department for Transport: London. September 2005: 125 p.

Cervero, R. en K. Kockelman (1997). "Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design." Transportation Research Part D: Transport and Environment **2**(3): 199-219.

Christie, N. (1995). The high risk child pedestrians: socio-economic and environmental factors in their accidents. TRRL Project Report. Crowthorne, Transport Road Research Laboratory.

Clifton, K. J., C. V. Burnier, et al. (2009). "Severity of injury resulting from pedestrian-vehicle crashes: What can we learn from examining the built environment?" Transportation Research Part D: Transport and Environment **14**(6): 425-436.

Dijkstra, A., H. Drolenga, et al. (2007). A method for assessing the safety of routes in a road network. presented at Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, Transportation Research Board of the National Academies. Washington DC

Dissanayake, D., J. Aryajaja, et al. (2009). "Modelling the effects of land use and temporal factors on child pedestrian casualties." Accident Analysis & Prevention **41**: 1016-1024.

Dufays, T. en T. Steenberghen (2000). Impact van Ruimtelijke Ordening op Verkeersveiligheid; analyse van de Belgische situatie. Eindrapport deelstudie 3: Verkeersimpact van landinrichting in relatie tot de wegeninfrastructuur. Federale Diensten voor Wetenschappelijke, Technische en Culturele Aangelegenheden: 36 p.

Dunbar, G., C. A. Holland, et al. (2004). Older Pedestrians: A Critical Review of the Literature. Road Safety Research Report No. 37. Department for Transport: London: 210 p.

Ewing, R., R. Pendall, et al. (2005). Measuring sprawl and its impact. Smart Growth America, Better Choice for Our Communities. 42 p.

Hadayeghi, A., A. Shalaby, et al. (2007). Safety Prediction Models: a Proactive Tool for Safety Evaluation in Urban Transport Planning Applications. TRB, Washington, TRB

Heeling, J., H. Meyer, et al. (2002). Het ontwerp van de stadsplattegrond (The design of the urban groundplan). Nijmegen, SUN 9789058750266: 176 p.

Ivan, J. N., C. Wang, et al. (2000). "Explaining two-lane highway crash rates using land use and hourly exposure." Accident Analysis & Prevention **32**(6): 787-795.

Kim, K., I. Brunner, et al. (2006). "Influence of Land Use, Population, Employment, and Economic Activity on Accidents." Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board **no. 1953**: 55-64.

Kim, K. en E. Yamashita (2002). "Motor Vehicle Crashes and Land Use: Emprical Analysis from Hawaii." Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board **1784**: 73-79.

Kochan, B., T. Bellemans, et al. (2006). Dynamic activity-travel diary data collection using a GPS-enabled personal digital assistant. Chicago, U.S.A.

Kochan, B., T. Bellemans, et al. (2008). "Assessment of the quality of location data obtained by the GPS-enabled PARROTS survey tool." Journal of Location Based Services.

Kochan, B., T. Bellemans, et al. (2010). "Quality assessment of location data obtained by the GPS-enabled PARROTS survey tool " Journal of Location Based Services **4**(2): 93-104.

Lee, C. en M. Abdel-Aty (2005). "Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida." Accident Analysis & Prevention **37**(4): 775-786.

Levine, N., K. E. Kim, et al. (1995). "Spatial analysis of Honolulu motor vehicle crashes: II. Zonal generators." Accident Analysis & Prevention **27**(5): 675-685.

Lovegrove, G. en T. Litman (2008). Using macro-level collision prediction models to evaluate the road safety effects of mobility management strategies: new emperical tools to promote sustainable development. TRB, Washington

Lupton, K. en D. Bolsdon (1999). "An object-based approach to a road network definition for an accident database." Computers, Environment and Urban Systems **23**: 383-398.

Marshall, S. (2005). Streets & Patterns, Spon Press, Milton Park, Abingdon, Oxon. 0-415-31750-9: 318 p.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2001). Naar een duurzame mobiliteit in Vlaanderen. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Department Leefmilieu en Infrastructuur. Juni 2001: 380 p.

Noland, R. B. (2003). "Traffic fatalities and injuries: the effect of changes in infrastructure and other trends." Accident Analysis & Prevention **35**(4): 599-611.

Noland, R. B. en M. A. Quddus (2004). "A spatially disaggregate analysis of road casualties in England." Accident Analysis & Prevention **36**(6): 973-984.

Okabe, A., T. Satch, et al. (2009). "A kernel density estimation method for networks, its computational method and a GIS-based tool." International Journal of Geographical Information Science **23**(1): 7-32.

Ossenbruggen, P. J., J. Pendharkar, et al. (2001). "Roadway safety in rural and small urbanized areas." Accident Analysis & Prevention **33**(4): 485-498.

Paulozzi, L. J. (2006). "Is it safe to walk in the Sunbelt? Geographic variation among pedestrian fatalities in the United States, 1999-2003." Journal of Safety Research **37**(5): 453-459.

Petch, R. O. en R. R. Henson (2000). "Child road safety in the urban environment." Journal of Transport Geography **8**(3): 197-211.

Pitt, R., B. Guyer, et al. (1990). "The severity of pedestrian injuries in children: An analysis of the Pedestrian Injury Causation Study." Accident Analysis & Prevention **22**(6): 549-559.

Preston, B. (1972). "Statistical analysis of child pedestrian accidents in Manchester and Salford." Accident Analysis & Prevention **4**(4): 323-332.

Priyantha Wedagama, D. M., R. N. Bird, et al. (2006). "The influence of urban land-use on non-motorised transport casualties." Accident Analysis & Prevention **38**(6): 1049-1057.

Rietveld, P. en F. Bruinsma (1998). Is transport infrastructure effective? Transport infrastructure and accessibility: impacts on the space economy. Berlin, Springer. 383 p.

Steenberghen, T., K. Aerts, et al. (2010). "Spatial clustering of events on a network." Journal of Transport Geography **18**(3): 411-418.

Steenberghen, T., C. Macharis, et al. (2006). Impact of 'free' public transport on travel behaviour: a case study.

Steenberghen, T., I. Thomas, et al. (2005). Innovative Spatial Analysis Techniques for Traffic Safety. 142.

Steenberghen, T., T. Thomas, et al. (2004). "Intra-urban location and clustering of road accidents using GIS: a Belgium example." International Journal of Geographical Information Science **18**(2): 169-181.

Tolmie, A., J. A. Thomson, et al. (2006). The Role of Skills, Attitudes and Perceived Behavioral Control in the Pedestrian Decision-making of Adolescents Aged 11-15 Years. Road Safety Research Report No. 68. Department for Transport: London.

Van Hout, K. (2008). Doortochtherinrichtingen. Transportation Research Institute, Hasselt University.

Wegman, F. en L. Aerts (2005). Denkend over Duurzaam Veilig. SWOV.

Wier, M., J. Weintraub, et al. (2009). "An area-level model of vehicle-pedestrian injury collisions with implications for land use and transportation planning." Accident Analysis & Prevention **41**(1): 137-145.